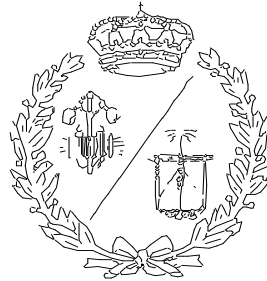


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**DISEÑO DE UN TRANSPORTADOR DE
BANDA DE 90 METROS DE LONGITUD Y
1500 m³/h DE CAPACIDAD DE
TRANSPORTE DE PIEDRA CALIZA**

**DESIGN OF A 90 METERS LENGTH AND 1500
m³/h CAPACITY LIMESTONE BELT CONVEYOR**

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

Enero – 2021

RESUMEN

Este Proyecto tiene como objetivo describir el proceso de diseño de una cinta transportadora que, según los criterios establecidos por el cliente, ha de tener 90 metros de longitud y 12 metros de altura, con el fin de transportar, como mínimo, 1500 m³/h de piedra caliza desde la estación de trituración secundaria hasta la estación de cribado, para después proceder a su almacenamiento en una cantera de piedra.

El planteamiento de las diferentes opciones con las que cumplir con ese objetivo muestra que, de entre todos los tipos de transportadores, la mejor solución es emplear una cinta transportadora de banda. Esta cinta cuenta con tres tramos: el tramo de carga, el de descarga (ambos sin inclinación) y un tramo intermedio con una inclinación de 12°.

Las cuestiones más importantes que se plantean en el documento son: la selección de la banda - tanto su ancho como su tipo -, el dimensionamiento óptimo de los perfiles estructurales, la disposición de las uniones y los parámetros que constituyen la cimentación.

Otras cuestiones que el estudio tiene en cuenta son: el tipo de celosía, la geometría de los soportes de la estructura, la disposición del sistema motriz o el tipo de tensor.

El Anexo I describe el cálculo y la selección de los componentes mecánicos de la cinta como, por ejemplo, la determinación del ancho de la banda a partir de la capacidad de transporte de material. De entre todos estos componentes, los más importantes son: la banda textil 1000 EP 1000/3 3+1,5 Y, un tambor de cabeza y un tambor de reenvío de 1000 mm de diámetro, rodillos de 89 mm de diámetro y un motor de 160 kW acoplado al tambor de cabeza.

El Anexo II explica el cálculo y dimensionamiento de los perfiles que componen la estructura que soporta los elementos mecánicos, y que proporciona la geometría necesaria para transportar la piedra al punto señalado por el cliente, teniendo en cuenta su peso propio, las cargas de dichos componentes, el efecto del viento, y la tensión que ejerce la banda. La disposición y el número de soportes también quedan definidos en este documento.

El Anexo III detalla el cálculo de los diferentes tipos de unión de los perfiles estructurales, ya sean soldadas, como ocurre en la celosía, como atornilladas como es el caso de los soportes.

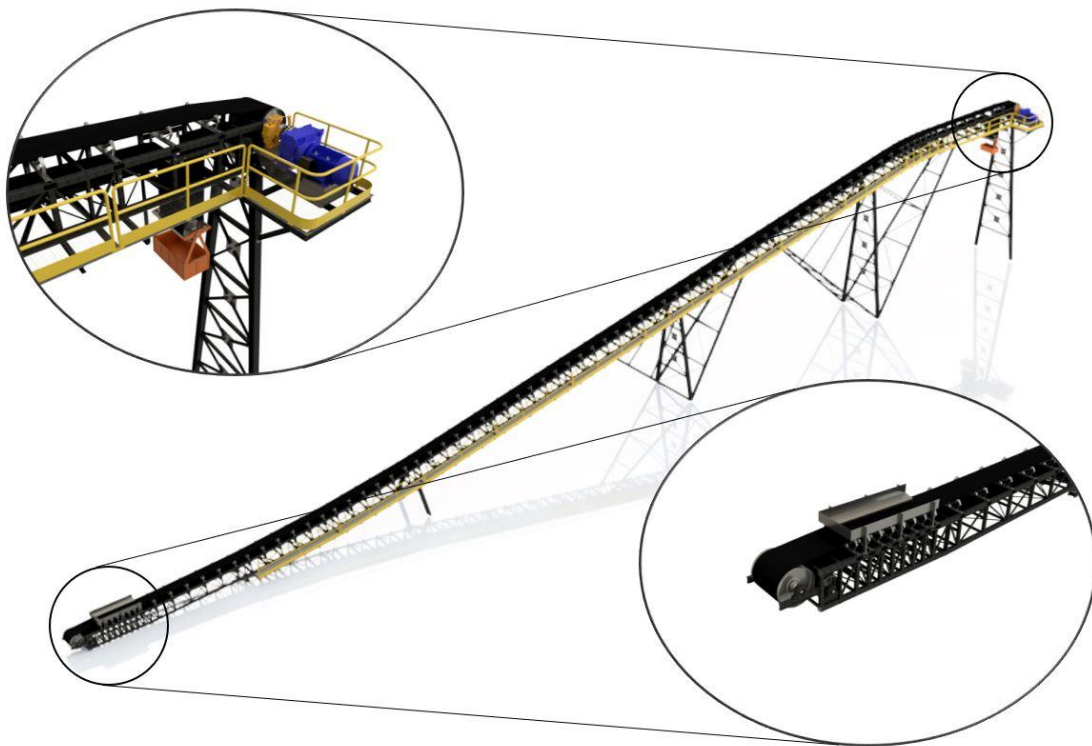
El Anexo IV muestra el cálculo y dimensionamiento de la cimentación, que de entre varias opciones posibles, se opta por disponer zapatas aisladas para los soportes y por una losa rectangular para toda la zona de carga.

Para cumplir con los estándares de seguridad se calcula la estructura de la cinta contando con los esfuerzos derivados de disponer de una pasarela instalada a lo largo de casi toda la trayectoria de la cinta. Esta pasarela respeta la norma UNE 58214 "Estructuras de acero", por lo

que cuenta con 860 mm de ancho para permitir el paso de los operarios y con una barandilla de 1200 mm de altura para garantizarles seguridad frente a la caída.

Finalmente, como se observa en el Documento VI, el presupuesto de esta cinta transportadora asciende a los 280.453,80 €.

La información obtenida para la elaboración del Proyecto se ha encontrado, en su mayoría, en el libro “Cintas transportadoras”, 2002, de Agustín López Roa, y en la normativa correspondiente, como por ejemplo la norma UNE 58204 “Cálculo de la potencia disponible y los esfuerzos de tracción”.



ABSTRACT

This Project aims to describe the design process of a belt conveyor which, according with the requirements established by the client, must measure 90 meters in length and 12 meters in height to transport at least 1500 m³/h of limestone from the secondary crushing station to the screening station, and then store it in a deposit. This belt conveyor is located in a stone quarry.

The approach to the different options with which to meet this objective shows that of all types of conveyors, the best option is to use a belt conveyor which. This conveyor has three sections: the loading section, the unloading section (both without inclination) and an intermediate section with an inclination of 12°.

The most important issues raised in the document are the selection of the belt – in width and type -, the optimal dimensioning of the structural profiles, the arrangement of the joints and the parameters of the foundation.

Other questions that the study considers are the type of lattice, the geometry of the supports in the structure, the arrangement of the drive system or the tensioner type.

Annex I, describes the calculation and selection of the mechanical components of the belt, for example, the determination of the belt width from the material transport capacity. The most important of these components are the 1000 EP 1000/3 3+1,5 Y textile belt, a 1000 mm diameter driver and return drum, 89 mm diameter rollers and a single 160 kW motor coupled to the driver drum.

Annex II, explains calculations and dimensioning of the profiles that make up the structure that supports the mechanical elements. Such structure provides the geometry necessary to transport the stone to the point indicated by the client, taking into account its own weight, the loads of these components, the effect of the wind, and the tension exerted in the belt. The layout and number of supports are also defined in this document.

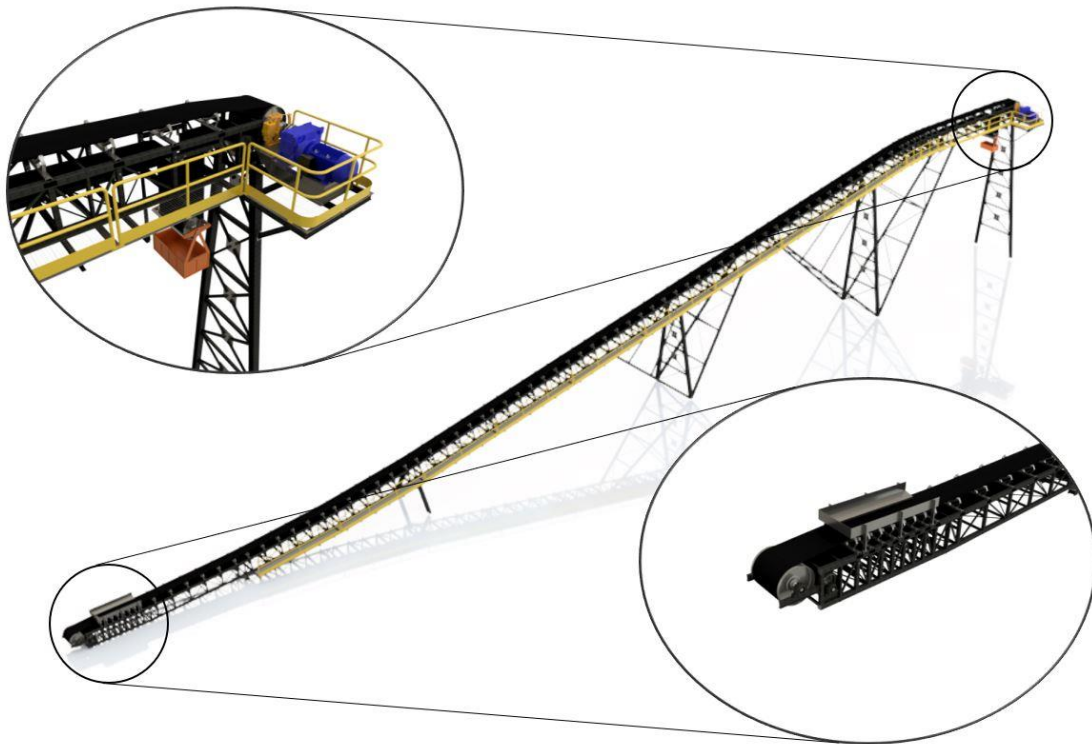
Annex III, details the calculation of the different types of structural profile joints, whether they are welded, as in case of the lattice, or bolted, as in the case of the supports.

Annex IV, shows the calculation and dimensioning of the foundation, which from among several possible options, is chosen to have isolated footings for the supports and a rectangular slab for the entire load area.

In order to comply with safety standards, the structure of the conveyor is calculated with the efforts derived from having a walkway installed along almost entire path of the conveyor. This

walkway complies with the UNE 58214 “Steel structures” standard, so it is 860 mm wide allow the passage of operators and has a 1200 mm high handrail to guarantee safety against falls. Finally, as can be seen in Document VI, the budget for this conveyor belt amounts to 280,453.80€.

The information obtained for the preparation of the Project has been found, for the most part, in the book “Belt conveyors”, 2002, by Agustín López Roa, and in the corresponding regulations, such as UNE 58204 “Calculation of available power and tractive forces”.



ÍNDICE DEL PROYECTO

DOCUMENTO I. MEMORIA

DOCUMENTO II. ANEXOS

DOCUMENTO III. PLANOS

DOCUMENTO IV. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO V. MEDICIONES

DOCUMENTO VI. PRESUPUESTO

DOCUMENTO I. MEMORIA

ÍNDICE DEL DOCUMENTO I. MEMORIA

1. OBJETO	1
2. ALCANCE	2
3. ANTECEDENTES	3
4. NORMATIVAS Y REFERENCIAS	4
4.1. NORMAS APLICADAS	4
4.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO	5
4.3. BIBLIOGRAFÍA	5
4.4. WEBGRAFÍA	6
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	7
6. REQUISITOS DE DISEÑO	10
6.1. REQUISITOS ESTABLECIDOS POR EL CLIENTE	10
6.2. REQUISITOS DEL DISEÑADOR Y PARÁMETROS	11
7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES	12
7.1. TIPO DE CINTA TRANSPORTADORA	12
7.2. VENTAJAS DEL TRANSPORTADOR DE BANDA FRENTE A OTROS TRANSPORTADORES.	12
7.3. CIMENTACIÓN	13
7.4. SOPORTES Y APOYOS	14
7.5. CELOSÍA	15
7.6. SISTEMA MOTRIZ	15
7.7. DISPOSITIVO TENSOR	16
7.8. BANDA TRANSPORTADORA	17
7.9. UNIÓN DE LA BANDA	17
7.10. CUBIERTA	18
8. SOLUCIÓN ADOPTADA	19
8.1. CIMENTACIÓN	19
8.2. SOPORTES	20

8.3. CELOSÍA	21
8.4. PASARELA	22
8.5. MOTOR Y REDUCTOR.....	23
8.6. BANDA	24
8.7. TAMBORES, ESTACIONES Y RODILLOS	24
8.8. SISTEMA TENSOR.....	26
9. PLANIFICACIÓN	27
10. PRESUPUESTO.....	27

1. OBJETO

El objetivo de este proyecto es diseñar una cinta transportadora que será utilizada para el transporte de piedra caliza. La cinta será integrada en una cantera de piedra en el municipio de Herrera de Camargo, en Cantabria.

Debido a una ampliación del terreno de la cantera, con el fin de aumentar su producción, se decide instalar una nueva cinta transportadora, que se encargará del transporte del material de forma continua desde la estación de trituración secundaria, hasta la estación de cribado, para su posterior almacenamiento, tal y como se muestra en el diagrama de la Figura 1.

En base a las dimensiones del terreno, la cinta transportadora tendrá aproximadamente 90 metros de longitud y 12 metros de altura, transportando 1500 m³/h para cumplir con los nuevos estándares de producción requeridos por el cliente.

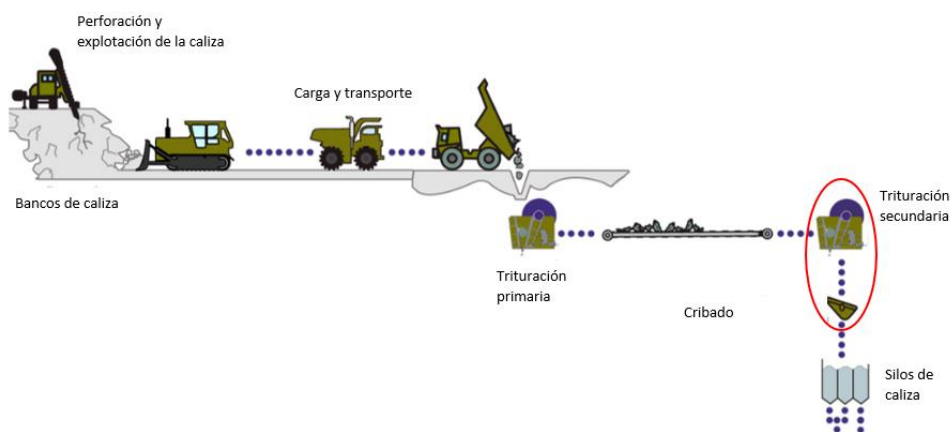


Figura 1. Proceso de extracción de la piedra caliza en una cantera.

2. ALCANCE

Este Proyecto pretende resolver un problema ficticio para mejorar un sistema de producción, mediante el uso de una cinta transportadora en una cantera a cielo abierto, como se muestra en la Figura 2. El diseño de la cinta transportadora comprende desde el cálculo de la capacidad de material a transportar y la potencia necesaria del sistema motor, hasta el cálculo de la estructura que la soportará, mediante el empleo de herramientas informáticas como Inventor y Robot Structural Analysis. Es decir, se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- Cálculo de la capacidad de transporte.
- Determinación de los elementos mecánicos que conforman la cinta transportadora.
- Dimensionamiento general de la cinta transportadora, sean sus longitudes, curvas y desviaciones.
- Diseño de la estructura de la cinta.
- Estimación de las cargas que actuarán sobre la cinta.
- Dimensionamiento de los perfiles estructurales.
- Cálculo de las uniones.
- Cálculo de las cimentaciones.
- Creación de planos.
- Realización de las mediciones.
- Cálculo de los presupuestos.

Sin embargo, el Proyecto no comprenderá los sistemas de carga y descarga de la cinta. No se tendrán en cuenta las vibraciones. No se calcularán los componentes eléctricos y electrónicos de los sistemas de control. No se tendrán en cuenta el estudio básico de seguridad y salud ni el estudio de impacto medioambiental.

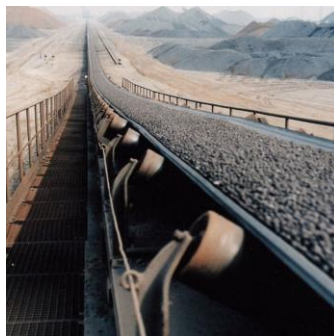


Figura 2. Cinta transportadora en mina a cielo abierto.
Fuente: directindustry.es, Metso Corporation.

3. ANTECEDENTES

Una empresa con sede en Cantabria ha solicitado el diseño y la construcción de una cinta transportadora para implementarla en un punto del proceso de producción.

Esta empresa se encarga de la extracción en canteras de piedra caliza y del posterior tratamiento de áridos y fabricación de productos tales como hormigón y mortero, destinados a la construcción de estructuras industriales y civiles. Los procesos de fabricación para tal fin incluyen la voladura, la trituración, el cribado y por supuesto, el transporte para llevar el material a cada punto del proceso productivo.

Debido a un aumento en la demanda del hormigón, la empresa desea mejorar la producción en su planta en Herrera de Camargo, Cantabria (Figura 3), construyendo una nueva fábrica en el terreno de la misma. Con este fin, ha de instalar la maquinaria necesaria para transportar el material hasta la nueva fábrica.

Esta operación requiere de una actividad continua e ininterrumpida, y el medio más indicado para realizar dicha operación es una cinta transportadora, ya que puede transportar grandes capacidades de material a granel de forma constante.



Figura 3. Localización de la planta. Fuente: <https://en.wikipedia.org/>

La planta de fabricación de hormigón está situada a 1 kilómetro al oeste de Herrera de Camargo. La nueva fábrica será construida en un terreno recién adquirido que amplía hacia el norte el área de la planta original. Esta ampliación cuenta con una superficie de 35.182 metros cuadrados. La Figura 4 muestra la localización del terreno y su geometría.

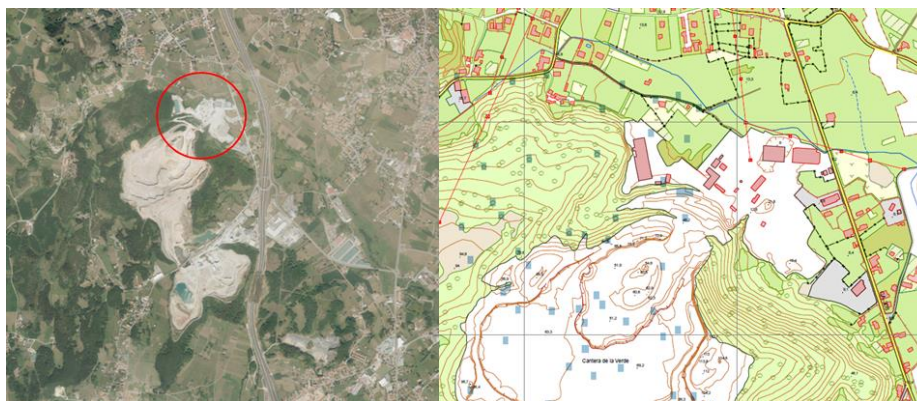


Figura 4. Vista aérea y plano del emplazamiento del proyecto. Fuente: <https://mapas.cantabria.es/>

4. NORMATIVAS Y REFERENCIAS

4.1. NORMAS APLICADAS

La normativa utilizada para la elaboración de este proyecto ha sido la siguiente:

- DIN 22101:1982-02. Continuous conveyor – Belt conveyors for loose bulk materials. Basics for calculation and dimensioning.
- Ley 31/1995. Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 486/1997. Establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1215/1997. Seguridad para la utilización por los trabajadores de las máquinas y equipos de trabajo.
- Real Decreto 1644/2008. Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- UNE 18127:1993. Bandas transportadoras. Determinación de los diámetros mínimos de los tambores (ISO 3684:1976).
- UNE 18169:1984. Bandas transportadoras. Fórmula para el cálculo de la distancia de transición de la artesa con tres rodillos iguales. (ISO 5293:1981)
- UNE 58204:1992. Aparatos de manutención continua. Cintas transportadoras provistas de rodillos portantes. Cálculo de la potencia disponible y esfuerzos de tracción. (ISO 5048)
- UNE 58206:1981. Equipos de manutención continua para graneles. Transportadores de banda en artesa (excluidos los móviles). Tambores. (ISO 1536:1975)
- UNE 58214:2000. Aparatos móviles de manutención continua para productos a granel. Reglas para el cálculo de estructuras de acero. (ISO 5049-1:1994)
- UNE 58231:1992. Aparatos de manutención continua para productos a granel. Transportadores de cinta en artesa, excluidos los móviles. Cintas transportadoras.

- UNE 58232:1992. Aparatos de manutención continua para productos a granel. Transportadores de cinta en artesa, excluidos los móviles. Rodillos de apoyo.
- UNE-EN ISO 13850:2016. Seguridad de las máquinas. Función de la parada de emergencia. Principios para el diseño. (ISO 13850:2015).
- UNE 58214. Estructuras de acero.
- UNE 58232. Rodillos de apoyo.
- UNE-EN ISO 54572000. Documentación técnica de productos. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.
- UNE 157001. Elaboración de proyectos.

4.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO

Para el desarrollo de este proyecto, se han utilizado las siguientes herramientas informáticas:

- Inventor Professional (Figura 5): Utilizado para el modelado de la cinta transportadora.
- Robot Structural Analysis Professional (Figura 6): Utilizado para el cálculo y análisis de la estructura de la cinta transportadora.
- Excel (Figura 7): Utilizado para realizar los cálculos necesarios para la elaboración de este Proyecto.



Figura 7. Logotipo de Excel.
Fuente:
<https://contadoresenred.com/>



Figura 5. Logotipo de Inventor Professional. Fuente:
<https://www.motionmedia.com/>



Figura 6. Logotipo de Robot Structural Analysis Professional. Fuente:
<https://blogs.autodesk.com/>

4.3. BIBLIOGRAFÍA

Para realizar este proyecto, se han consultado las siguientes fuentes de literatura técnica:

- “Aparatos de elevación y transporte. Tomo I”. Hellmut Ernst.
- “Aparatos de elevación y transporte. Tomo II”. Hellmut Ernst.
- “Aparatos de elevación y transporte. Tomo III”. Hellmut Ernst.
- “Cintas transportadoras”. Agustín López Roa, 2002.
- “Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos”. Claudia Martínez Bronchal. Universitat Jaume I.

- “Diseño de una cinta transportadora en una instalación de carga automática de coque” Edgar Amela Felipe. Universitat Jaume I.
- “Diseño de cinta transportadora e Estructura auxiliar para planta de procesamiento de arcillas”. Aitor Ángel Heras López. Universitat Jaume I.
- “Diseño de una banda transportadora mediante GUIDE de MatLab”. Mario Salinero Guervaso. Universidad Carlos III de Madrid.
- “Diseño de la estructura de un silo de acero para almacenar 1000 toneladas de cemento” Arturo Ramos Gangas. Universidad de Cantabria.
- Catálogo ROTRANS. Estaciones, rodillos y tambores.
- Catálogo NORD DRIVESYSTEMS. Motor y reductor
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural.
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Acero.

4.4. WEBGRAFÍA

Para la redacción de este proyecto se han consultado las siguientes webs de Internet:

- https://www.construmatica.com/empresa/rochman_s_coop
- <http://www.ulmaconveyor.com/>
- <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora
- <https://www.monografias.com/trabajos58/diseño-cintas-transportadoras/diseño-cintas-transportadoras2.shtml>
- <https://www.directindustry.es/>
- <https://www.traceparts.com/>
- <https://www.3dcontentcentral.es/>
- <http://www.matmax.es/>
- <https://www.nord.com/>
- <https://ingemecanica.com/tutoriales/prontuariodeperfiles.html#>
- <http://www.generadordeprecios.info>

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

La Tabla 1 muestra la nomenclatura de las variables utilizadas durante el proceso de cálculo de los elementos mecánicos que conforman la cinta.

Tabla 1. Simbología y nomenclatura de las diferentes constantes y variables empleadas en este Proyecto.

SÍMBOLO	DENOMINACIÓN	UNIDAD
a_g	Distancia entre apoyos del tambor motriz	m
a_i	Distancia entre rodillos de la curva convexa	m
a_o	Distancia entre trenes de rodillos del ramal superior	m
a_u	Distancia entre trenes de rodillos del ramal inferior	m
A	Superficie de contacto entre la banda y el limpiador de la banda	m ²
b	Anchura de banda ocupada por el material	m
b_1	Anchura de banda entre guías	m
b_2	Ancho del tambor	m
B	Ancho de banda	m
C_{TS}	Coeficiente de transmisión superior	-
C_{TI}	Coeficiente de transmisión inferior	-
C_{TSA}	Coeficiente de transmisión en el arranque superior	-
C_{TIA}	Coeficiente de transmisión en el arranque inferior	-
C	Coeficiente de resistencias secundarias	-
C_E	Factor de artesa	-
d	Espesor total de la banda	m
d_o	Diámetro del eje de accionamiento del tambor motriz	m
D	Diámetro del tambor motriz	m
D_d	Diámetro del tambor de desvío	m
D_L	Diámetro del tambor loco	m
e	Espesor de la carcasa	m
e_o	Espesor del recubrimiento superior de la banda	m
e_u	Espesor del recubrimiento inferior de la banda	m
f	Coeficiente ficticio de rozamiento	-
F	Tensión media de la banda	N
F_1	Resistencia de enrollamiento de la banda en su paso sobre los tambores	N
F_a	Resistencia de rozamiento por faldones desviadores de derrame	N
F_b	Fuerza de tracción máxima de la banda	N
F_A	Fuerza tangencial máxima en el arranque	N
F_{bA}	Resistencias de inercia y rozamiento sobre el punto de carga en la zona de aceleración entre el material transportado y la banda	N
F_E	Resistencia debida a la convergencia de rodillos	N
F_{gL}	Resistencia de rozamiento entre el material transportado y las guías laterales	N
F_H	Resistencias principales	N

Tabla 1. Simbología y nomenclatura de las diferentes constantes y variables empleadas en este Proyecto. Continuación.

SÍMBOLO	DENOMINACIÓN	UNIDAD
F_N	Resistencias secundarias	N
F_r	Resistencia de rozamiento debida a los limpiadores de banda	N
F_S	Resistencias especiales	N
F_{S1}	Resistencias especiales principales	N
F_{S2}	Resistencias especiales secundarias	N
F_{St}	Resistencias debidas a la inclinación	N
F_t	Resistencia de rozamiento entre el material transportado y las guías en la zona de aceleración	N
F_U	Esfuerzo tangencial necesario en el tambor motriz	N
g	Aceleración de la gravedad	m/s^2
H	Altura entre ejes de tambores	m
I_m	Caudal másico transportado	kg/s
I_v	Caudal volumétrico transportado	m^3/s
k	Factor de inclinación	-
k_1	Factor de inclinación ideal	-
k_a	Factor de raspado	-
l	Longitud de transporte entre guías	m
l_3	Longitud de los rodillos superiores	m
l_b	Longitud de aceleración	m
L	Proyección horizontal de la longitud total de la banda	m
L_E	Longitud de la instalación con rodillos portantes convergentes	m
L_h	Longitud de los tramos horizontales	m
L_i	Longitud de los tramos inclinados	m
L_p	Proyección horizontal de los tramos inclinados	m
L_{ra}	Longitud de la curva cóncava	m
L_{re}	Longitud de la curva convexa	m
L_t	Longitud de transición	m
L_T	Longitud total de la trayectoria de la banda	m
m_D	Masa del tambor motriz	kg
m_e	Masa de la estación sin rodillos	kg
m_G	Masa de la banda	kg/m^2
m_{Ro}	Masa de los rodillos superiores	kg
m_{Ru}	Masa de los rodillos inferiores	kg
M_f	Momento de flexión del tambor motriz	N m
M_{if}	Momento ideal de flexión del tambor motriz	N m
M	Par motor necesario para accionar el tambor motriz	N m
M_{mA}	Par motor máximo en el arranque	N m
M_T	Momento torsor del tambor motriz	N m
n	Velocidad de giro del tambor motriz	rad/s
N	Carga teórica de rotura de la banda	N/m

Tabla 1. Simbología y nomenclatura de las diferentes constantes y variables empleadas en este Proyecto. Continuación.

SÍMBOLO	DENOMINACIÓN	UNIDAD
N'	Carga de rotura de la banda	N/m
p	Presión entre el rascador y la banda	N/m ²
P	Potencia necesaria en el tambor motriz	W
P'	Carga del sistema torsor	N
P_A	Potencia de arranque	W
P_M	Potencia del motor	kW
q	Flecha entre estaciones de rodillos	m
q_B	Masa de la banda por unidad de longitud	kg/m
q_B'	Masa de la banda por unidad de superficie	kg/m
q_D	Peso del tambor motriz	N
q_f	Carga que resulta de las fuerzas que actúan sobre el tambor motriz	N
q_G	Masa de la carga a transportar por unidad de longitud	kg/m
q_{Ro}	Masa de los rodillos superiores por unidad de longitud	kg/m
q_{Ru}	Masa de los rodillos inferiores por unidad de longitud	kg/m
R_a	Radio cóncavo	m
R_e	Radio convexo	m
s	Porción de la conta en contacto con los rodillos inclinados	m
S	Sección transversal total del material sobre la banda	m ²
S_1	Zona superior de la sección transversal del material	m ²
S_2	Zona inferior de la sección transversal del material	m ²
t	Tamaño del material transportado	m
$t_{m\acute{a}x}$	Tamaño máximo del material transportado	m
t_R	Tiempo de recorrido del material	s
T_0	Pretensión de la banda	N
T_R	Resultante de las tensiones que sufre el tambor motriz	N
T_1	Tensión en el ramal tenso	N
T_{1A}	Tensión en el arranque en el ramal tenso	N
T_2	Tensión en el ramal flojo	N
T_{2A}	Tensión en el arranque en el ramal flojo	N
$T_{m\acute{a}x}$	Tensión máxima calculada que soporta la banda	N
v	Velocidad de funcionamiento de la banda	m/s
$v_{m\acute{a}x}$	Velocidad máxima admisible de la banda	m/s
v_o	Componente de la velocidad de alimentación del material en el sentido de transporte	m/s
W	Módulo de resistencia	m ³
x	Factor de carcasa para el cálculo de radio convexo	-
x'	Factor de carcasa	-
z	Número de capas de la carcasa de la banda	-
Z	Número de rodillos en la curva convexa	-
α	Ángulo de reposo	°

Tabla 1. Simbología y nomenclatura de las diferentes constantes y variables empleadas en este Proyecto. Continuación.

SÍMBOLO	DENOMINACIÓN	UNIDAD
α_d	Ángulo de desvío	°
δ	Ángulo de inclinación máxima de la cinta	°
ε	Ángulo de convergencia	°
ε_M	Eficiencia mecánica de reductores	%
η	Rendimiento del motor	%
θ	Ángulo de talud dinámico o de sobrecarga del material transportado	°
ϑ	Ángulo que forman las tensiones de la banda	°
λ	Ángulo de artesa	°
μ	Coeficiente de rozamiento entre el tambor motriz y la banda	-
μ_o	Coeficiente de rozamiento entre la banda y los rodillos portantes	-
μ_1	Coeficiente de adherencia entre el material y la banda	-
μ_2	Coeficiente de rozamiento entre el material transportado y la guía	-
μ_3	Coeficiente de rozamiento entre el rascador y la banda	-
μ_A	Coeficiente de adherencia entre el tambor motriz y la banda en el arranque	-
π	Número Pi	-
ρ	Peso específico del material transportado	kg/m ³
σ	Coeficiente de seguridad	-
σ_1	Coeficiente de seguridad para bandas de carcasa textil	-
σ_{adm}	Esfuerzo admisible	N/m ²
φ	Ángulo de abrazamiento entre la banda y el tambor motriz	°

6. REQUISITOS DE DISEÑO

6.1. REQUISITOS ESTABLECIDOS POR EL CLIENTE

Los requisitos o condiciones que ha indicado la empresa para el diseño de la cinta transportadora son los siguientes:

- La cinta transportadora desplazará piedra caliza de forma continua desde la salida de la estación de trituración secundaria hasta el proceso de cribado.
- El tamaño medio de la piedra caliza es de 30 mm.
- La cinta trabajará durante 11 horas al día, comenzando a las 9:00 horas de la mañana hasta las 20:00 horas de la tarde.
- El transportador deberá tener una capacidad de 1500 m³/h como mínimo.
- La cinta deberá realizar la descarga de la piedra caliza a una altura de 12,11 m.
- La longitud entre el tambor motriz y el de reenvío es de 89,97 m.
- La cinta contará con un tramo inclinado y dos tramos horizontales.
- La instalación deberá cumplir con la legislación vigente.

- La cinta transportadora cumplirá con los estándares de seguridad de la empresa, así como con la seguridad en las máquinas según las directivas en vigor.
- Será posible acceder a cualquier punto de la cinta con facilidad, con el fin de asegurar las reparaciones y el mantenimiento correspondientes.
- Condiciones de trabajo estándar.
- El material no se podrá derramar durante su transporte.

6.2. REQUISITOS DEL DISEÑADOR Y PARÁMETROS

Para realizar un correcto diseño de la cinta transportadora, y además se eviten problemas que puedan presentarse durante el trabajo con ésta y su mantenimiento, se enuncian las siguientes especificaciones a tener en cuenta:

- La instalación deberá contar con pasarelas, barandillas y escaleras para poder acceder a la maquinaria, y permitir a los operarios realizar operaciones de mantenimiento con total seguridad.
- El transportador deberá contar con dispositivos de limpieza óptimos que aseguren el correcto funcionamiento de la instalación.
- Las partes sobresalientes de los elementos móviles de la instalación deberán ser mínimas para evitar accidentes.
- Se deberán evitar esquinas y ángulos vivos, así como proteger cualquier elemento que pueda producir cortes, atrapamientos o cualquier peligro que comprometa la salud de los operarios.

Lo primero que hay que hacer para diseñar una cinta transportadora es estudiar el material que se quiere transportar y tener en cuenta sus características para poder elegir correctamente los elementos que constituyen a la propia cinta. La Tabla 2 muestra las características más relevantes del material que se desea desplazar para el diseño del transportador.

Tabla 2. Propiedades del material. Fuente: López Roa, "Cintas transportadoras" 2002.

SÍMBOLO	PARÁMETRO	VALOR
-	Material	Piedra caliza
t	Tamaño	25 - 50 mm
ρ	Peso específico	1300 - 1500 T/m ³
α	Ángulo de reposo	38°
θ	Ángulo de sobrecarga	25°
-	Abrasividad	B
-	Corrosividad	A
v	Velocidad de la banda	2,62 m/s

7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Para cada parte de la cinta existen diferentes alternativas de diseño. A continuación, se citan algunas de las consideradas.

7.1. TIPO DE CINTA TRANSPORTADORA

De entre todos los tipos de cintas transportadoras detallados en el apartado “5.2.1. Tipos de cintas transportadoras” del “Anexo V. Documentación complementaria” del “Documento II. Anexos”, la solución que más se adapta al objetivo de transportar una gran capacidad de material a granel es el sistema del transportador de banda, ya que es el más económico y el más eficaz transportando este tipo de materiales.

7.2. VENTAJAS DEL TRANSPORTADOR DE BANDA FRENTE A OTROS TRANSPORTADORES.

En la industria, el transporte de mercancías y materiales es uno de los factores que más influyen en el coste económico de un proceso de fabricación. Esta operación puede llegar a alcanzar el 40% de los gastos de una empresa, por lo que siempre se busca el equilibrio entre una elevada eficiencia, indicada por la capacidad de transporte de material y el tiempo requerido, y un bajo impacto económico. Es decir, es de gran interés optimizar el proceso.

Las cintas transportadoras son una de las máquinas más indicadas para este fin, cuyas principales ventajas son:

- **Capacidad de transporte.** Son capaces de transportar grandes cantidades de material, así como mercancías y componentes, a grandes distancias y a velocidades relativamente altas.
- **Degradación mínima del material.** Durante el trayecto, el material no sufre daños ni alteraciones que puedan provocar su degradación antes de alcanzar su destino.
- **Adaptabilidad al terreno.** Gracias a estructuras simples, las cintas transportadoras pueden desplazar el material adaptándose a la orografía del terreno con inclinaciones de hasta 18° (Figura 9), además de poder sortear ríos, carreteras o líneas de ferrocarril.
- **Mantenimiento.** Debido a que no poseen mecanismos complejos, las cintas transportadoras tienen un mantenimiento relativamente más sencillo que la mayoría de las máquinas. Las operaciones de reemplazo de elementos deteriorados son sencillas, no requieren de grandes periodos de tiempo y el coste de manutención rutinaria es muy bajo.

- **Posibilidad de múltiples puntos de carga y descarga del material.** En diferentes industrias es necesario que el sistema de transporte sea flexible para poder cumplir con varias tareas complementarias y sincronizadas entre sí. Las cintas transportadoras son capaces de cargar y descargar el material en cualquier punto de su recorrido.
- **Potencia.** En comparación con otros sistemas de transporte, las cintas requieren de baja potencia por tonelada.
- **Fuentes de energía.** Normalmente funcionan con energía eléctrica, pero también es posible alimentarlas con motores de combustión, gas natural y con energía solar o hidroeléctrica.
- **Control.** Pueden ser controladas mediante el accionamiento de mandos junto a la cinta o también pueden ser controladas automáticamente desde estaciones de control.
- **Protección de la intemperie.** Con el objetivo de proteger el material transportado de degradaciones, las cintas pueden contar con estructuras de protección como cubiertas, como se ve en la Figura 8, capaces de soportar diferentes fenómenos climatológicos, como la lluvia, la nieve o el viento en el caso de materiales fugitivos.



Figura 8. Cinta transportadora con cubierta.
Fuente: <https://www.dismet.com/>



Figura 9. Adaptabilidad al terreno de una cinta.
Fuente: <https://www.indiamart.com/>

7.3. CIMENTACIÓN

La cimentación de la estructura de la cinta transportadora se debe hacer mediante una losa en la zona de carga, debido a que los apoyos están demasiado juntos y en el caso de emplazar una zapata para cada uno de ellos éstas correrían el riesgo de solaparse. Por el contrario, para el resto de los soportes sí se decide emplear zapatas aisladas, puesto que la distancia entre los puntos de apoyo es lo suficientemente grande como para garantizar su instalación.

Para la losa hay diversas alternativas geométricas que se pueden adoptar como solución: rectangular, circular, hexagonal, etc. Se opta por una forma rectangular ya que se adapta

perfectamente a la forma de la estructura del tramo de carga. Además, esta geometría simplifica de manera considerable el armado y su construcción.

Para las zapatas también hay diferentes soluciones geométricas. Se opta por zapatas cúbicas por su facilidad de cálculo y ejecución.

7.4. SOPORTES Y APOYOS

Debido a que la cinta transportadora sigue una trayectoria ascendente, la estructura ha de sujetarse mediante un cierto número de soportes y con una determinada disposición.

El número de soportes se estima gracias a la deformada de la estructura obtenida mediante el programa de cálculo estructural, Robot Structural Analysis. En aquellos puntos donde la estructura presenta una flecha máxima es donde se situarán los soportes, tal y como se indica en el apartado “2.3.1. Modelo geométrico” del “Anexo II. Cálculo de la estructura de la cinta transportadora” del “Documento II. Anexos”. Con esta ejecución, se decide emplazar 5 soportes a lo largo de la trayectoria de la cinta.

La disposición de los soportes, es decir, su geometría destinada a recibir las cargas, también presenta varias soluciones, siendo las más usuales las mostradas en la Figura 10. Una de ellas es emplear soportes tipo torre de celosía, similar al cuerpo de las torres grúa, ofreciendo 4 puntos de apoyo por cada soporte. Se descarta esta solución para evitar un elevado número de barras. Otra opción es emplear soportes rectos, pero la solución es descartada por no garantizar estabilidad longitudinal. Otra solución diferente es la de emplear soportes para grandes vanos, que consiste en utilizar cables por debajo de la celosía. Se descarta esta opción para garantizar una mejor estabilidad con otras opciones. Otra solución posible es emplear soportes en V, que permiten también 4 puntos de apoyo. Se emplea esta solución para el punto de la curva cóncava de la trayectoria de la cinta. Otra solución es emplear soportes en Y, puesto que ofrecen 6 puntos de apoyo, ideal para las zonas más solicitadas. Esta última opción se escoge para los otros tres soportes, puesto que garantizan la resistencia y estabilidad necesarias para esos puntos, empleando un menor número de barras además de presentar una mejora estética.

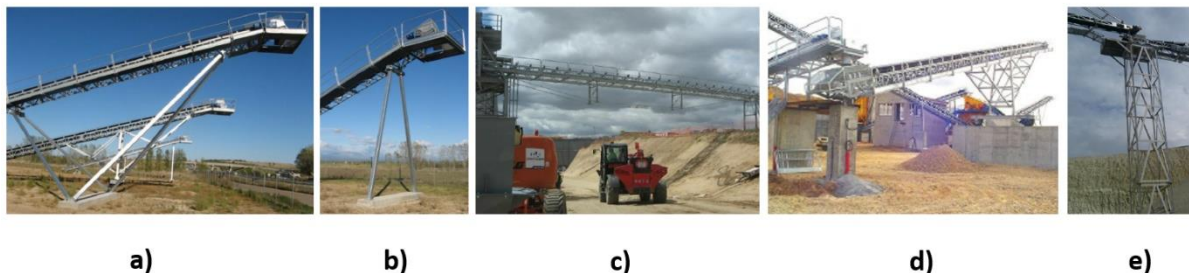


Figura 10. Tipos de soportes. a) Soportes en V. b) Soportes rectos. c) Soportes para grandes vanos. d) Soportes en Y. e) Torre soporte. Fuente: Maqconveyors, “Sistema modular de cintas transportadoras frente a la cinta clásica”.

7.5. CELOSÍA

La estructura de celosía que soportará los elementos mecánicos de la cinta transportadora tiene varias configuraciones posibles:

- Pratt.
- Vierendeel.
- Warren, con sus variantes.
- Howe.
- Celosía en K.
- Celosía en rombo.

Para la estructura de la cinta, que está sometida a fuerzas en varias direcciones, la opción más indicada es la celosía Warren con montantes intercalados (Figura 11 d), puesto que, al presentar simetría por cada pareja de paneles, ofrece una mayor resistencia a los esfuerzos de tracción, compresión y torsión, junto con una mayor estabilidad.

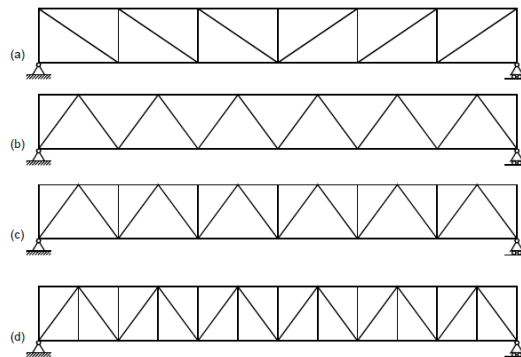


Figura 11. Tipos de celosías más comunes. a) Celosía Pratt. b) Celosía Warren. c) Celosía Warren con montantes alternos. d) Celosía Warren con montantes intercalados. Fuente: <http://www.arquitecturaenacero.org/>

7.6. SISTEMA MOTRIZ

El sistema encargado de proporcionar movimiento a la cinta transportadora presenta diferentes soluciones tanto para su posición como para la cantidad de elementos motrices.

Respecto a su posición:

- Motor en el tambor de cabeza (solución más frecuente).
- Motor en el tambor de cola.
- Motor en un tambor situado en un punto intermedio de la cinta (solución muy poco frecuente).

Respecto al número:

- Un motor.
- Varios motores.

Con el objetivo de simplificar los cálculos, y tomando como referencia las disposiciones más usuales para cintas transportadoras, como la de este Proyecto, se decide utilizar un solo motor acoplado al tambor de cabeza o descarga.

7.7. DISPOSITIVO TENSOR

La función de este dispositivo es la de garantizar la tensión previa necesaria para el correcto funcionamiento de la cinta, asegurando que la banda se adhiere a los tambores y permitiendo el transporte del material. Las variantes más destacadas de estos dispositivos son:

- **Tensor por gravedad (Figura 12 a):** Situado normalmente en las proximidades del tambor de cabeza. Con este tipo de tensor, el propio peso de los tambores desviadores del dispositivo más una carga adicional, asegura la tensión necesaria. Es el sistema más común, sencillo y eficaz y su montaje y mantenimiento son fáciles de realizar.
- **Tensor por husillo (Figura 12 b):** Se instala en el tambor de cola. Consiste en un husillo cuyo giro es controlado con una manivela o mediante un sistema electrónico. El husillo al girar permite el desplazamiento longitudinal del tambor de cola, regulando la tensión de la banda. Este sistema también es bastante común.

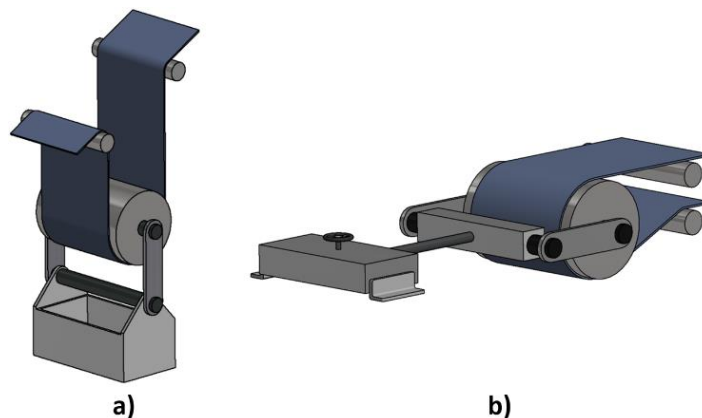


Figura 12. Tipos de sistema de tensado. a) Tensor por gravedad.
b) Tensor de husillo.

Se decide emplear el dispositivo de tensión por gravedad, pues para cintas transportadoras largas se aconseja tener el tensor en las proximidades del tambor motriz, que en este caso es el de cabeza o descarga.

7.8. BANDA TRANSPORTADORA

Como bien se detalla en el apartado “5.2.2.1. Constitución de la banda” del “Anexo V. Documentación complementaria” del “Documento II. Anexos”, existen varios tipos y tamaños de banda transportadora. Los tipos de banda más empleados en el transporte de materiales a granel son las bandas con cables de acero y las bandas textiles de poliéster y nylon. Las bandas con cables de acero son perfectas para cintas transportadoras largas y permiten aguantar mejor elevados esfuerzos de tracción longitudinal. Sin embargo, para la cinta transportadora de este proyecto, aunque esté considerada de gran longitud (mayor de 80 metros), se decide emplear una banda textil puesto que las solicitaciones no son tales como para considerar una banda con cables de acero.

El tamaño de la banda, es decir, su ancho, se determina en función de la capacidad de transporte, tal y como se detalla en el apartado “1.5. Ancho de banda” del “Anexo I. Parámetros de funcionamiento de la cinta transportadora” del “Documento II. Anexos”.

7.9. UNIÓN DE LA BANDA

Durante la instalación de la banda transportadora, la última operación que se lleva a cabo es la unión o empalme de sus extremos. Esta unión puede ser de varios tipos:

- **Unión mediante grapas:** Las grapas perforan cada uno de los dos extremos. Es una opción adecuada cuando la banda transporta materiales de gran volumen. Para materiales a granel esta unión no es adecuada puesto que existen holguras entre las grapas que producen pérdidas de material.
- **Unión vulcanizada:** Con un efecto similar al de la soldadura, la vulcanización consiste en fundir los extremos de la banda para permitir su unión. Este método sería adecuado para este Proyecto, puesto que con la unión vulcanizada no existen pérdidas de material. Sin embargo, el equipo de vulcanización es caro y aparatoso, por lo que se descarta esta opción.
- **Unión supersecrew:** Como recomendación de la empresa Casto Arce Technologies, se decide emplear este tipo de unión puesto que es una solución económica y de rápida ejecución. Consiste en unir los extremos de la banda mediante dos plantillas con agujeros por donde pasan tornillos que la perforan. La ejecución de esta unión se detalla en el apartado “5.2.2.2 Uniones” del “Anexo V. Documentación complementaria” del “Documento II. Anexos”.

7.10. CUBIERTA

La cubierta sirve por un lado para evitar que el agua de lluvia o la nieve se depositen en la banda, aumentando su peso y por otro lado, para contener el pequeño porcentaje de material que durante el transporte o por la acción del viento pasa a ser polvo en suspensión.

Las opciones contempladas para este proyecto fueron las siguientes:

- Cinta transportadora sin cubierta.
- Cinta transportadora con cubierta parcial (solo se cubre la banda transportadora).
- Cinta transportadora con cubierta completa (se cubre la banda y la pasarela).

Desde el punto de vista geográfico, la localización de la cinta cuenta con una baja probabilidad de nieve y la situación de la cantera es entre montañas con ligeras corrientes de viento. Mientras que, desde el punto de vista económico, una cubierta supone un encarecimiento de la instalación, sobre todo si es completa pues implica emplear sistemas de ventilación e iluminación para garantizar la seguridad de los operarios. Por esto, se decide no emplear cubierta.

8. SOLUCIÓN ADOPTADA

Teniendo en cuenta las decisiones tomadas en el apartado anterior, y los cálculos detallados en el “*Documento II. Anexos*”, la solución adoptada para el diseño de la cinta transportadora de este proyecto es la mostrada en la Figura 13:

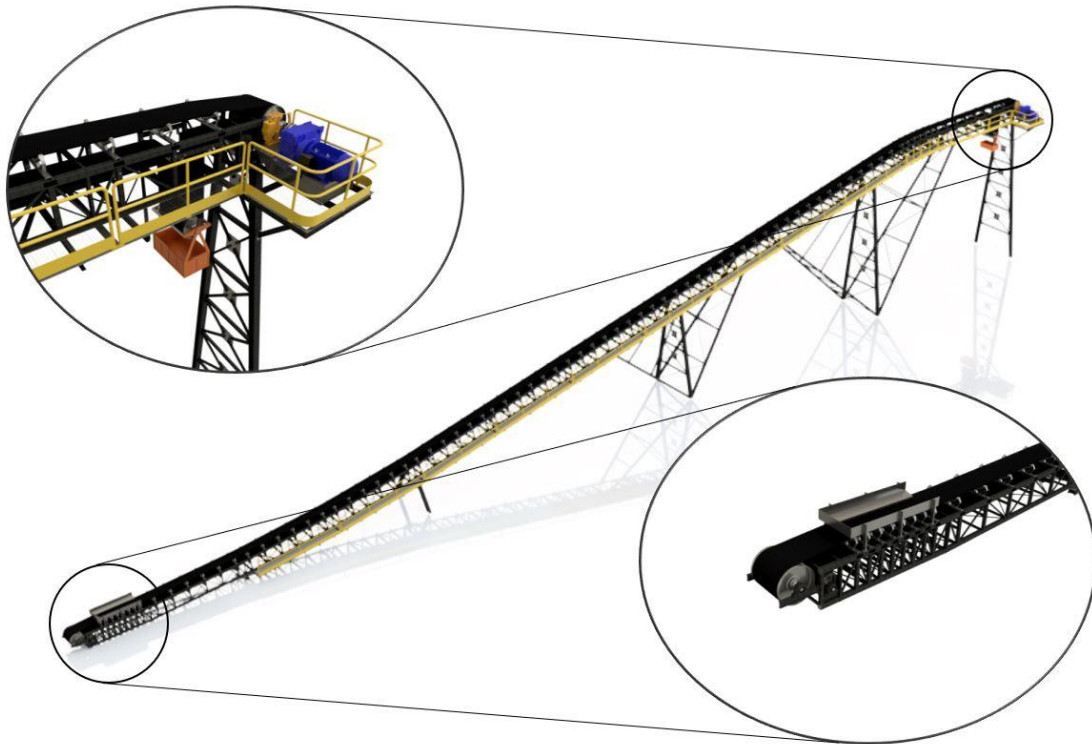


Figura 13. Modelo 3D de la cinta transportadora de este proyecto realizado con Autodesk Inventor.

En los apartados siguientes se detalla la solución adoptada para cada uno de los elementos que conforman la cinta transportadora, con el objeto de facilitar información detallada de sus parámetros constructivos y de funcionamiento.

8.1. CIMENTACIÓN

La cimentación se encarga de distribuir las cargas de la cinta y la estructura que descienden por los soportes hacia el suelo. Se empleará hormigón HA-20, cuyas propiedades son:

- **Módulo de Young, E:** 24850 MPa.
- **Coeficiente de Poisson, ν :** 0,2.
- **Resistencia:** 20 MPa
- **Peso específico, ρ :** 24,53 kN/mm³.

Habrán dos tipos de cimentación:

- **Losa o placa:** En la zona de carga, donde los puntos que llegan al suelo están muy juntos, es más recomendable el empleo de una losa o placa de cimentación rectangular. Las dimensiones de esta losa serán de 5x2 m. La armadura de la losa estará compuesta por barras B 500 S de $\varnothing 12$ para la armadura longitudinal y transversal, de $\varnothing 6$ para los conectores y de $\varnothing 8$ para las espiras.
- **Zapatas:** Para el resto de los soportes, debido a que sus puntos de contacto con el suelo están muy separados entre sí, lo más económico es emplear zapatas aisladas en cada uno de esos puntos, cada una de ellas de 1x1x0,9 m. La armadura de las zapatas estará compuesta por barras B 500 S de $\varnothing 12$ para la armadura longitudinal y transversal, de $\varnothing 6$ para los conectores y de $\varnothing 8$ para las espiras.

8.2. SOPORTES

Los soportes son los encargados de transmitir la carga a la cimentación y de proporcionar a la estructura la altura adecuada para que la piedra alcance su objetivo. Su número y posición se determina tal y como se describe en el punto “2.1. Geometría de la cinta transportadora” del apartado “2. Anexo II. Cálculo de la estructura de la cinta transportadora” del “Documento II. Anexos”. En esta cinta se presentan cuatro tipos de soporte:

- **Soporte simple:** Dos perfiles HEB 260 colocados verticalmente en cada extremo de la celosía. Se instala 1 soporte de este tipo en el extremo más elevado del primer segmento inclinado de la curva cóncava.
- **Soportes en Y:** Son 2 los soportes de este tipo y están situados en el tramo recto inclinado y en la curva cóncava. Tienen la característica geométrica de que el punto de unión de los tres tramos está situado en la propia cimentación, debido a que es el punto de todo el elemento vertical que ofrece una mejor resistencia.

El soporte central es el que recibe la mayor parte de la carga. Está formado por dos perfiles HEB 260, perfiles IPE 160 horizontales y cruces formadas por 4 perfiles CAE 80x5.5 unidos con cartelas.

Los soportes laterales estabilizan la estructura longitudinalmente. Están formados por dos perfiles TCAR 200x5, perfiles IPE 160 dispuestos horizontalmente y perfiles CAE 80x5.5 para absorber los esfuerzos de torsión.

Para evitar el pandeo de los soportes laterales, se unen al soporte central con perfiles TCAR 120x3.2.

- **Soporte vertical 1:** Este se instala en el final de la cinta. Consta de dos perfiles HEB 260 en vertical ligeramente más alejados entre sí en la base, unidos horizontalmente con 5 perfiles IPE 160 y con 5 cruces formadas por 5 perfiles CAE 80x5.5 unidos con cartelas.
- **Soporte vertical 2:** Formado por dos perfiles HEB 260 dispuestos de forma vertical. Este soporte se instala debajo de la curva cóncava.

8.3. CELOSÍA

La celosía de la estructura será del tipo Warren con montantes intercalados. Los elementos de la celosía que soporta los componentes mecánicos encargados del transporte de la piedra caliza están dimensionados mediante el programa Robot Structural Analysis, siendo sus perfiles los siguientes:

- **Cordones:** Son las barras paralelas que constituyen el contorno y dimensiones principales de la celosía. Sus funciones son la de sostener los elementos mecánicos de la cinta transportadora y la de otorgar la forma y rigidez básicas para el cuerpo de la estructura. Los cordones estarán formados por perfiles TCAR 140x8.
- **Montantes:** Son las barras verticales que unen los cordones superior e inferior. Estarán formados por perfiles TCAR 100x3.2.
- **Diagonales:** Son las barras que unen, como dice su nombre, diagonalmente los nudos de la celosía en el plano longitudinal. Estarán formados por perfiles TCAR 50x3.2.
- **Correas:** Son las barras que unen transversalmente la celosía. En los nudos donde se emplacen los rodillos, las correas se instalarán en el punto medio de los montantes. En los nudos donde no vaya un rodillo, las correas se situarán en los cordones. Estarán formadas por perfiles TCAR 70x3.2.
- **Diagonales inferiores:** Son las barras que unen diagonalmente los nudos de la celosía en el plano transversal inferior, con el objetivo de absorber los esfuerzos de torsión. Estarán formados por perfiles TCAR 28x4.
- **Soporte del tambor de cabeza:** Son las barras que soportan el peso del tambor motriz, la tensión de la banda, etc. Estará formado por 4 vigas horizontales y 2 verticales, todas ellas perfiles IPE 160.
- **Soporte del tambor de cola:** Son las barras que soportan el peso del tambor de cola, la tensión de la banda, etc. Estará formado por 2 vigas horizontales de perfiles IPE 160 y dos barras diagonales de perfiles TCAR 28x4.
- **Soportes de los tambores de inflexión:** Son las barras encargadas de soportar el peso de los tambores de inflexión de la banda transportadora. Estarán formados por 4 vigas horizontales de perfiles IPE 160.

- **Soportes diagonales:** Son las barras encargadas de recibir la carga de los soportes del tambor de cola. Son 2 perfiles TCAR 28x4.
- **Pletinas:** Estas láminas 140x25 forman los marcos rectangulares de los dos extremos de cada tramo de la celosía.

La celosía montada consiste en diferentes tramos ensamblados mediante uniones atornilladas situadas en las pletinas 140x25 de los marcos. A su vez, los perfiles de cada tramo van unidos entre sí mediante soldadura. Estos tramos, descritos de forma ascendente, son:

- Un tramo inicial de 1,82 m donde irá instalado el tambor de cola, así como su correspondiente tambor de inflexión.
- Un tramo de 3,90 m horizontal para la zona de carga. Irá unido al tramo del tambor de cola.
- Cuatro tramos de 7 m con una inclinación de 3° para definir la curva cóncava previa a la inclinación de 12°.
- Un tramo de 6,95 m como inicio de la pendiente de 12°.
- Cinco tramos de 7 m que definen el resto de la pendiente de 12°.
- Dos tramos de 1,69 m y uno de 2,10 m, inclinados 4°, componen la curva convexa que devuelve a la cinta a su trayectoria horizontal.
- Un tramo de 4,80 m horizontal.
- Un tramo de 3 m horizontal donde se localizará el sistema tensor.
- Un tramo final de 1,82 m donde irá instalado el tambor de cabeza, su correspondiente tambor de inflexión y el sistema motriz.

Por tanto, según el apartado “1.1. Características geométricas” del “Documento II. Anexos”, las dimensiones de la cinta serán 89,97 m de longitud, 12,11 m de altura,

8.4. PASARELA

La pasarela es una superficie estable que permite el paso de los operarios a lo largo del recorrido de la cinta con el fin de permitirles alcanzar los elementos mecánicos y proporcionarles el correspondiente mantenimiento. Cuenta con el suelo, la barandilla, las vigas que la unen a la celosía, barras diagonales y barra inclinada en la zona del sistema motriz.

- **Suelo:** Está formado por planchas de trámex dentado en ambas direcciones para disminuir el riesgo de deslizamiento y caída de los operarios. Deja un espacio para el tránsito de personal de 0,860 m de ancho, superior al mínimo de 0,5 m indicado en la

norma UNE 58211. El espacio para el emplazamiento y mantenimiento del sistema motriz tiene un área de 2,38 x 2,7 m.

- **Barandillas:** Formadas por perfiles tubulares cilíndricos 60x4 capaces de aguantar esfuerzos transversales a la pasarela de hasta 0,3 kN. Serán de 1,2 m de altura, valor superior al mínimo de 1 m indicado en la norma UNE 58211.
- **Vigas:** Perfiles IPE 140 capaces de soportar esfuerzos verticales de hasta 3 kN en el extremo más alejado de la celosía.
- **Barras diagonales:** Perfiles tubulares TCAR 80x3.2 que unen diagonalmente las vigas unas con otras con el fin de absorber los esfuerzos de torsión en la pasarela.
- **Barra inclinada:** Una barra de perfil TCAR 90x3.2, se encarga de soportar la carga en la zona del sistema motriz, uniendo las vigas de dicha zona con el soporte vertical de la zona de descarga.

8.5. MOTOR Y REDUCTOR

El grupo motriz de la cinta es el encargado de proporcionar el movimiento al sistema, que permitirá que la piedra llegue a su destino. Estará compuesto por un motor y un reductor de velocidad, como se ven en la Figura 14. Según como se detalla en el apartado “1.33. Sistema motriz” del “Documento II. Anexos”, por recomendación del fabricante NORD DRIVESYSTEMS se escogen los siguientes artículos:

- Motor Siemens 1CV3314B de 160 kW de 4 polos que alcanza 1500 rpm con un par de 30,560 Nm.
- Reductor de velocidad de engranajes rectos y ejes paralelos SK9307V IEC315-315LP/4 TF capaz de transmitir pares de hasta 41 kNm, contando con una relación de reducción de 31,26, que proporciona una velocidad a la salida de 47,98 rpm.

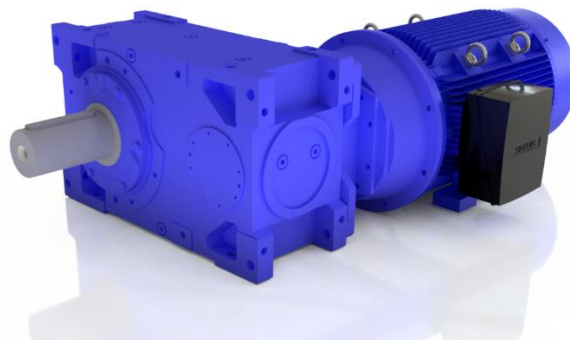


Figura 14. Modelo 3D del motor y el reductor realizado con Autodesk Inventor gracias a NORD DRIVE SYSTEMS.

8.6. BANDA

Finalmente, se elige una banda 189,29 m de longitud, 1000 mm de ancho y 1000 N/mm de resistencia a tracción o, como se detalla en el apartado “1.6. Selección de la banda” del “Anexo I. Parámetros de funcionamiento de la cinta transportadora” del “Documento II. Anexos”, una banda 1000 EP 1000/3 3+1,5 Y del fabricante REFORTBELT, cuyas características técnicas son:

- **1000:** Ancho de banda de 1000 mm.
- **EP:** Banda textil de poliéster y nylon.
- **1000/3:** Resistencia de rotura de 1000 N/mm y 3 capas de tejido.
- **3+1,5:** Recubrimiento superior de 3 mm e inferior de 1,5 mm.
- **Y:** Tipo de recubrimiento especial para el transporte de materiales con aristas vivas.

8.7. TAMBORES, ESTACIONES Y RODILLOS

Los tambores, estaciones y rodillos son los encargados de dar forma a la banda transportadora y de transmitirla el movimiento del sistema motriz, en este caso se eligen los fabricados por ROTRANS.

Como se describe en el apartado “1.12.1. Tambores” del “Anexo I. Parámetros de funcionamiento de la cinta transportadora” del “Documento II. Anexos”, se escogen 3 tipos de tambores (Figura 15). De acuerdo con la norma UNE 58206, los tambores adecuados para el tamaño de banda determinado en el apartado anterior son:

- **Tambor de cabeza:** De 1000 mm de diámetro, 1150 mm de ancho y con recubrimiento superficial con forma de diamante para aumentar el rozamiento con la banda. Se emplaza en el punto de descarga de la cinta, acoplado al sistema motriz.
- **Tambor de cola:** De 1000 mm de diámetro y 1150 mm de ancho. Se instala 1 al final de la cinta, permitiendo el retorno de la banda. Este tambor es igual que el tambor de cabeza salvo porque no cuenta con el recubrimiento superficial.
- **Tambor de inflexión:** De 630 mm de diámetro y 1150 mm de ancho. Se instalan 2 (1 próximo al tambor de cabeza y 1 al de cola) para aumentar hasta los 210° el ángulo de abrazamiento de la banda sobre los tambores principales. Además, se instala 1 en el sistema tensor, próximo al tambor de cabeza.



Figura 15. Modelos 3D del tambor de cabeza (izquierda) y de un tambor de inflexión (derecha) realizados con Autodesk Inventor gracias a ROTRANS.

Las estaciones son los soportes de los rodillos y van atornilladas a la celosía (Figura 16). Se escogen las siguientes estaciones:

- **Estaciones para rodillos superiores:** Se instalará un total de 82 estaciones de 1420 mm de longitud, con espacio para 3 rodillos en artesa de 30°. La distancia entre estas estaciones será de 0,4 m en la zona de carga y de 1,2 m en el resto de la cinta.
- **Estaciones para rodillos inferiores:** Se instalará un total de 79 estaciones formadas por 2 piezas con forma de J que se encargan de sujetar los rodillos de retorno. La distancia entre estas estaciones será como máximo de 3 m.

Se escogen 3 tipos de rodillos, tal y como se describe en el apartado “1.12.2. Rodillos” del “Anexo I. Parámetros de funcionamiento de la cinta transportadora” del “Documento II. Anexos” (Figura 16):

- **Rodillos de apoyo superiores:** Se instalará 1 conjunto de 3 rodillos por cada una de las 82 estaciones superiores a lo largo de todo el recorrido de la cinta, salvo en la zona de carga. Estos rodillos tendrán 89 mm de diámetro y 380 mm de largo.
- **Rodillos de apoyo inferiores:** Se instalará 1 rodillo por cada estación inferior a lo largo de todo el recorrido de la cinta. Estos rodillos tendrán 89 mm de diámetro y 1150 mm de largo.
- **Rodillos amortiguadores:** Se instalará 1 conjunto de 3 rodillos amortiguadores por cada una de las 8 estaciones de la zona de carga. Estos rodillos son iguales que los rodillos superiores comunes, pero están recubiertos de una goma nervada que permite la

amortiguación del impacto de la piedra caliza sobre la banda. Estos rodillos, junto con sus estaciones, estarán separados entre sí 400 mm.



Figura 16. Modelos 3D de las estaciones y rodillos superiores (izquierda) e inferiores (derecha) realizados con Autodesk Inventor gracias a ROTRANS.

8.8. SISTEMA TENSOR

El tensor empleado para que la banda cuente con una tensión previa, necesaria para su movimiento, es el mostrado de la Figura 17. Se instalará próximo al tambor de cabeza. Estará formado por el tambor de inflexión de 630 mm de diámetro mencionado en el apartado anterior, dos rodillos de 89 mm de diámetro encargados de asegurar que la banda quede centrada respecto al tambor y el contenedor para la carga adicional. Tal y como se ve en el apartado “1.11.6. Tensión previa. Sistema tensor” del “Anexo I. Parámetros de funcionamiento de la cinta transportadora” del “Documento II. Anexos”, se colocarán 21 bloques de acero dentro de la caja del contrapeso para sumar 6429 kg a los 1448,49 kg del sistema tensor, y lograr los 7879,97 kg requeridos para lograr la tensión previa en la banda.



Figura 17. Modelo 3D del tensor de la cinta transportadora realizado en Autodesk Inventor.

9. PLANIFICACIÓN

En este apartado se describe la planificación general para el desarrollo del proyecto, nombrando las diferentes tareas y el tiempo de ejecución de cada una de ellas. La Figura 18 muestra un diagrama de Gantt donde se reflejan dichas actividades y sus tiempos.

- **Cálculo de los componentes mecánicos de la cinta transportadora:** 40 días.
- **Cálculo de los componentes estructurales de la cinta transportadora:** 70 días.
- **Modelado en 3D:** 65 días.
- **Elaboración de los planos:** 35 días.
- **Redacción del proyecto:** 160 días.
- **Montaje de la cinta transportadora:** 150 días.
- **Puesta en marcha:** 50 días.

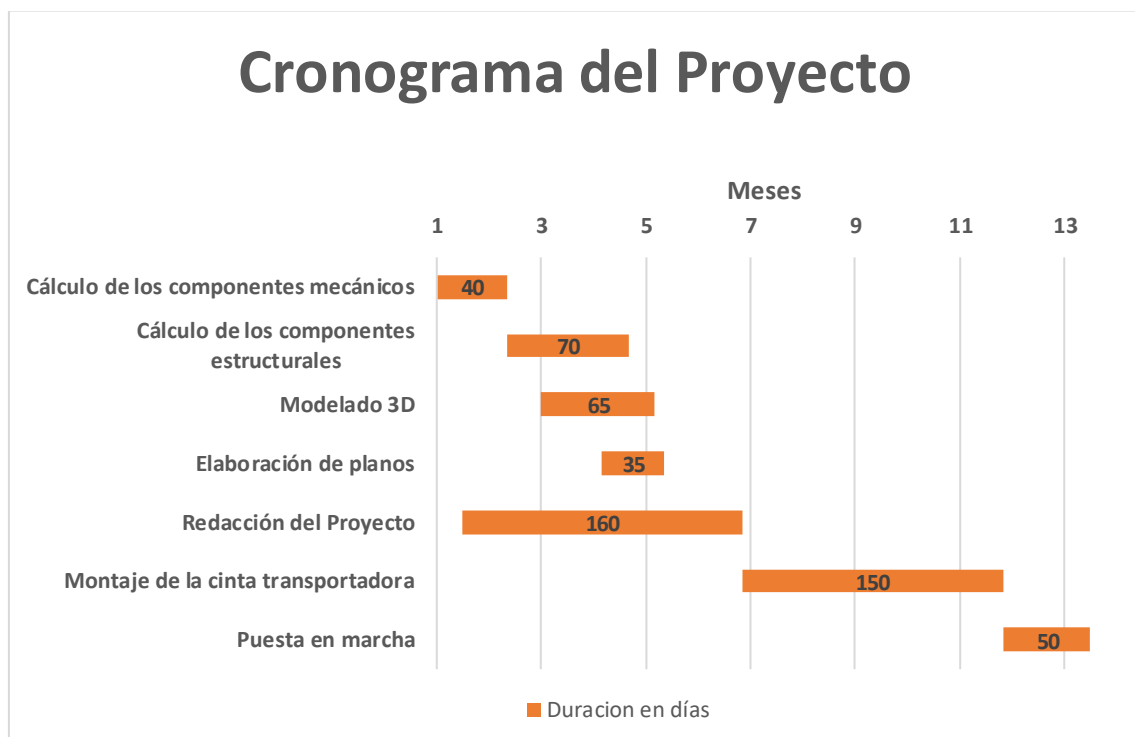


Figura 18. Diagrama de Gantt del proyecto.

10. PRESUPUESTO

Tal y como se detalla en el "*Documento VI. Presupuesto*", el coste de ejecución de este Proyecto asciende a 280.453,80 € "*Doscientos ochenta mil, cuatrocientos cincuenta y tres euros con ochenta céntimos*".

DOCUMENTO II. ANEXOS

ÍNDICE DEL DOCUMENTO II. ANEXOS

ANEXO I. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CINTA TRANSPORTADORA

ANEXO II. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA CINTA TRANSPORTADORA

ANEXO III. UNIONES

ANEXO IV. CIMENTACIÓN

ANEXO V. DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

ANEXO I. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CINTA TRANSPORTADORA

ÍNDICE DEL ANEXO I

1.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	1
1.2. MATERIAL A TRANSPORTAR	5
1.3. VELOCIDAD DE TRANSPORTE	7
1.4. CAPACIDAD DE TRANSPORTE	9
1.4.1 ÁREA TRANSVERSAL DE MATERIAL	10
1.4.2 CAPACIDAD TRANSPORTADA	12
1.5. ANCHO DE LA BANDA	14
1.6. SELECCIÓN DE LA BANDA	19
1.6.1 TEJIDO DE LA BANDA	19
1.6.2 TIPO DE RECUBRIMIENTO	19
1.6.3 ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO	20
1.6.4 NÚMERO DE CAPAS DE LA CARCASA	22
1.6.5 COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA MÍNIMA A TRACCIÓN	22
1.7. RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DE LA CINTA	26
1.7.1 RESISTENCIAS PRINCIPALES, FH	28
1.7.2 RESISTENCIAS SECUNDARIAS, FN	30
1.7.3 RESISTENCIAS PRINCIPALES ESPECIALES, $FS1$	32
1.7.4 RESISTENCIAS SECUNDARIAS ESPECIALES, $FS2$	34
1.7.5 RESISTENCIA DEBIDA A LA INCLINACIÓN, FSt	35
1.8. FUERZA TANGENCIAL EN EL TAMBOR MOTRIZ	35
1.8.1 COEFICIENTE DE FRICCIÓN, C	36
1.8.2 RESISTENCIAS EN LOS RAMALES DE LA BANDA	37
1.9. POTENCIA DE ACCIONAMIENTO DE LA CINTA	41
1.10. FUERZA TANGENCIAL EN ESTADO NO ESTACIONARIO, FA	43
1.10.1 ACOPLAMIENTOS RÍGIDOS	43
1.10.2 ACOPLAMIENTOS FLEXIBLES	44

1.10.3 ACOPLAMIENTOS HIDRÁULICOS	44
1.11. TENSIONES DE LA BANDA	45
1.11.1 COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN INFERIOR	47
1.11.2 COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN SUPERIOR	48
1.11.3 SECUENCIA DE CÁLCULO DE LAS TENSIONES	49
1.11.4 TENSIONES EN EL ARRANQUE	51
1.11.5 TENSIÓN MÍNIMA.....	52
1.11.6 TENSIÓN PREVIA. SISTEMA TENSOR	54
1.12. RODILLOS Y TAMBORES.....	56
1.12.1 TAMBORES.....	56
1.12.2 RODILLOS	57
1.12.3 LONGITUDES DE TRANSICIÓN	58
1.12.4 SEPARACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RODILLOS	59
1.13. SISTEMA MOTRIZ	60

1.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.

Para diseñar la cinta transportadora es necesario conocer el terreno disponible, así como las longitudes del trayecto desde el punto de carga del material hasta el punto de descarga, y de sus tramos inclinados y horizontales. Por ello se deben definir los siguientes parámetros:

- **Altura (H):** Este parámetro indica la distancia vertical entre el punto de carga y el punto de descarga de la cinta transportadora. Esta longitud se utiliza para calcular la tensión necesaria para desplazar la carga hacia arriba o hacia abajo. En el caso de que la cinta cuente con varios tramos de elevación se indicará la altura de cada uno de los tramos de elevación, siendo un valor negativo en el caso de que el tramo sea descendente. En este caso, el valor de la **altura** es **12,11 m**. Este valor es una referencia, puede variar durante el diseño de la cinta.
- **Longitud de los tramos inclinados (L_i):** La longitud de los tramos inclinados es la distancia de todos los tramos inclinados de la cinta a lo largo de la trayectoria de la banda. Se calcula según la ecuación 1:

$$L_i = \sqrt{H^2 + L_p^2} \quad (1)$$

Donde:

- H : Altura entre los ejes de los tambores de cabeza y cola (m).
- L_p : Proyección horizontal de los tramos inclinados (m). Su valor es de 42,23m.

De la ecuación 1 se obtiene una **longitud del tramo inclinado** de **43,93 m**.

- **Proyección horizontal de la longitud total de la banda (L):** Es la distancia en metros de la proyección horizontal total de la cinta entre el tambor motriz y de reenvío. Es decir, es la suma de los tramos horizontales más la proyección horizontal de los tramos inclinados. Con la ecuación 2 se obtiene un valor de **89,97 m**. Este valor es una referencia, puede variar durante el diseño de la cinta.

$$L = \sum L_h + \sum L_p \quad (2)$$

Donde:

- L_h : Longitud de los tramos horizontales (m). Su valor es de 15 m para el primer tramo, y 32,74 m para el segundo tramo.
- L_p : Proyección horizontal de los tramos inclinados (m). Su valor es 42,23 m.

- **Longitud total de la trayectoria de la banda (L_T):** Este parámetro es la distancia que hay entre los puntos de carga y descarga del material, siguiendo la trayectoria real de la banda transportadora. Se calcula mediante la ecuación 3, siendo su valor de **91,67 m**.

$$L_T = \sum L_h + \sum L_i \quad (3)$$

Donde:

- L_h : Longitud de los tramos horizontales (m).
- L_i : Longitud de los tramos inclinados (m).
- **Radio cóncavo (R_a):** Es el radio en metros correspondiente a la curvatura formada por el cambio de dirección desde el primer tramo horizontal hasta el tramo inclinado, y donde el centro de dicho radio está situado por encima de la trayectoria de la banda. Para el cálculo de este radio se emplea la ecuación 4, y para los factores que la componen, las ecuaciones 5 y 6.

$$R_a = k_a C_{AF} \frac{T_C}{q_b 9,81} \quad (4)$$

$$k_a = \frac{2 (1 - \cos \delta)}{(\sin \delta)^2} \quad (5)$$

$$T_C = T_{3A} + R_x \quad (6)$$

Donde:

- k_a : Factor en función de la inclinación de la instalación. De la ecuación 5 se obtiene un valor de 1,011.
- C_{AF} : Coeficiente de arranque forzado. Su valor es de 1,5.
- T_C : Tensión total en el tramo horizontal inferior (N). De la ecuación 6 se obtiene un valor de 19745,25 N.
- T_{3A} : Tensión a la entrada del tambor de retorno en régimen transitorio (N). Se calcula en el apartado "1.11.4. Tensiones en el arranque", obteniéndose un valor de 12107,07 N.
- R_x : Resistencia total al movimiento para el tramo horizontal de x metros (N). Al ser 15 metros aproximadamente, su valor es de 7638,18 N.
- q_b : Peso de la banda por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 20,17 kg/m.
- δ : Ángulo de inclinación máxima de la cinta (°). Su valor es de 12°.

De la ecuación 4 se obtiene un radio de curvatura cóncava de **151,50 m**.

- **Longitud de la curva cóncava (L_{Ra}):** Es la longitud en metros del tramo de curva cóncavo.

$$L_{Ra} = \frac{R_a \pi \delta}{180} \quad (7)$$

Donde:

- R_a : Radio de la curva cóncava (m). Su valor es de 151,50 m.
- δ : Ángulo de inclinación de la cinta (°). Su valor es de 12°.

Se obtiene una longitud de **31,73 m**.

- **Número de rodillos superiores en la curva cóncava (Z_{ao}):** Este número indica la cantidad de rodillos portantes superiores que estarán en contacto con la banda durante el tramo de la curvatura cóncava.

$$Z_{ao} = \frac{L_{Ra}}{L_{Ro}} \quad (8)$$

Donde:

- L_{Ra} : Longitud de la curva cóncava (m). Su valor es de 31,73 m
- L_{Ro} : Separación máxima entre los rodillos superiores (m). Su valor es de 1,2 m.

Se obtiene un valor orientativo de **27 rodillos**. La cantidad puede variar al diseñar la estructura.

- **Número de rodillos inferiores en la curva cóncava (Z_{au}):** Este número indica la cantidad de rodillos portantes inferiores que estarán en contacto con la banda durante el tramo de la curvatura cóncava.

$$Z_{au} = \frac{L_{Ra}}{L_{Ru}} \quad (9)$$

Donde:

- L_{Ra} : Longitud de la curva cóncava (m). Su valor es de 31,73 m
- L_{Ru} : Separación máxima entre los rodillos superiores (m). Su valor es de 3 m.

Se obtiene un valor orientativo de **11 rodillos**. La cantidad puede variar al diseñar la estructura.

- **Radio convexo (R_e):** Es el radio en metros correspondiente a la curvatura formada por el cambio de dirección desde el tramo inclinado hasta el tramo horizontal, y donde el centro de

dicho radio está situado por debajo de la trayectoria de la banda. Para determinar este valor previamente hay que calcular otros parámetros.

$$R_e = x s \sin \lambda \quad (10)$$

Donde:

- x : Factor de carcasa. Con la Tabla 1 se obtiene un valor de 125.
- s : Porción de la banda en contacto con los rodillos inclinados (m).
- λ : Ángulo de artesa (°). Su valor es de 30°.

Tabla 1. Factor de carcasa. Fuente: López Roa, "Cintas transportadoras" 2002.

FACTOR DE CARCASA x	
Bandas textiles	125
Bandas con cables de acero	400

Con la ecuación 11 se obtiene el valor de s , que en este caso es 0,31 m.

$$s = 0,5 (B - l_3) \quad (11)$$

Donde:

- B : Ancho de la banda (m). Su valor es de 1000 mm.
- l_3 : Longitud de los rodillos portantes superiores (m). Su valor es de 380 mm.

De la ecuación 10 se obtiene un **radio de curvatura convexa** de **19,375 m**.

- **Longitud de la curva convexa (L_{Re})**: Es la longitud en metros del tramo de curva convexo.

$$L_{Re} = \frac{R_e \pi \delta}{180} \quad (12)$$

Donde:

- R_e : Radio de la curva convexa (m). Su valor es de 19,375 m.
- δ : Ángulo de inclinación máxima de la cinta (°). Su valor es de 12°.

De la ecuación 12 se obtiene una **longitud de curvatura convexa** de **4,06 m**.

- **Número de rodillos superiores en la curva convexa (Z_{eo})**: Este número indica la cantidad de rodillos portantes superiores que estarán en contacto con la banda durante el tramo de la curvatura convexa.

$$Z_{eo} = \frac{L_{Re}}{L_{Ro}} \quad (13)$$

Donde:

- L_{Re} : Longitud de la curva convexa (m). Su valor es de 4,06 m.
- L_{Ro} : Separación máxima de los rodillos superiores (m). Su valor es de 1,2 m.

De la ecuación 13 se obtiene un valor orientativo de **4 rodillos**. La cantidad puede variar al diseñar la estructura.

- **Número de rodillos inferiores en la curva convexa (Z_{eu})**: Este número indica la cantidad de rodillos portantes inferiores que estarán en contacto con la banda durante el tramo de la curvatura convexa.

$$Z_{eu} = \frac{L_{Re}}{L_{Ru}} \quad (14)$$

Donde:

- L_{Re} : Longitud de la curva convexa (m). Su valor es de 4,06 m.
- L_{Ru} : Separación máxima de los rodillos superiores (m). Su valor es de 3 m.

De la ecuación 14 se obtiene un valor orientativo de **2 rodillos**. La cantidad puede variar al diseñar la estructura.

1.2. MATERIAL A TRANSPORTAR

El principal concepto que fundamenta el cálculo y diseño de una cinta transportadora es el material que transporta. Las características de este material, como su peso o su abrasividad, son determinantes para un correcto diseño de la cinta y la elección de sus componentes.

La Tabla 2 muestra la información más relevante de algunos de los materiales empleados en la industria. Los valores reflejados son recomendados y orientativos, pudiendo variar según las condiciones climatológicas de trabajo. En verde se selecciona el material y sus características correspondientes con el actual Proyecto.

Tabla 2. Propiedades de algunos materiales. Fuente: López Roa, "Cintas transportadoras", 2002.

Material	Tamaño (mm)	Peso específico (T/m ³)	Ángulos		Abrasividad	Corrosividad
			Reposo (°)	Inclinación máxima (°)		
Antracita	3	1	-	18	N.A.	-
Arcila fina	3	1 - 1,6	-	15	C	A
Arena seca	3	1,5 - 1,8	35	16 - 18	A	A
Asfalto triturado	15	0,75	30 - 45	-	-	-
Bauxita triturada	75	1,2 - 1,4	30 - 45	20	C	-
Basalto	75 - 150	1,4 - 1,7	27 - 35	18	A	B
Caliza triturada	25 - 50	1,36 - 1,44	38	18	B	A
Caliza tamizada	3 - 15	1,3 - 1,5	38	18	B	A
Cal	3	0,6	40	21	A	A
Carbón vegetal	10 - 75	0,3 - 0,5	-	18	-	-
Cenizas de carbón	10 - 75	0,7 - 0,8	45	20	B	A
Cobre mineral	75	1,9 - 2,2	30 - 45	20	B	A
Coque	3 - 15	0,5 - 1	30 - 45	18	C	B
Cuarzo	15	1,3 - 1,45	20 - 29	18	C	A
Grava	10 - 150	1,4 - 1,6	32	16	B	A
Harina	0 - 2,5	0,6 - 0,9	0 - 10	10	-	A
Hierro	50 - 75	2,1 - 2,3	20 - 29	-	-	A
Hula bituminosa	15	0,7 - 0,8	38	22	N.A.	A
Tierra	2,5 - 10	1,2 - 1,3	35	17	A	A
Yeso	75 - 150	1,3 - 1,4	45	18	B	-

Se toma 1,4 T/m³ como peso específico de la piedra caliza por ser el valor medio.

Otro parámetro importante del material es el ángulo de sobrecarga, θ (Figura 1). Este ángulo es el formado por la horizontal con la tangente a la sección del material en su intersección con la cinta, cuando la cinta está en movimiento. El ángulo de sobrecarga también recibe el nombre de ángulo de talud dinámico.

El valor de este ángulo es normalmente entre 5 y 20° menos que el ángulo de reposo.

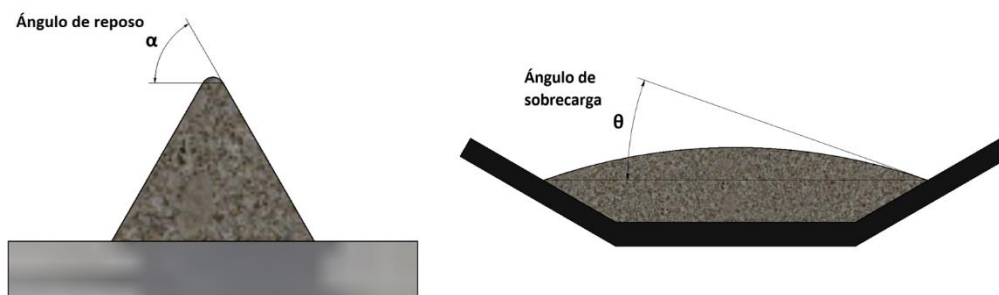


Figura 1. Ángulos de reposo y sobrecarga de los materiales a granel.

La Tabla 3 muestra los valores de los ángulos de reposo y sobrecarga en función de las propiedades del material. El ángulo de sobrecarga depende de la fluidez del material, es decir, a mayor fluidez menor ángulo de sobrecarga. Esta fluidez también limita el grado de inclinación de la instalación. En verde se seleccionan los ángulos propios de la piedra caliza, material empleado en este Proyecto.

Tabla 3. Ángulos de reposo y de sobrecarga de los materiales. Fuente: Claudia Martínez Bronchal, “Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos”, 2018.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL					
Dimensión uniforme, partículas redondas muy pequeñas, muy húmedas, o muy secas. (Cemento, hormigón...)	Partículas redondeadas muy secas y lisas, con peso medio. (Cereales, trigo...)	Material irregular, granular en tamaño de peso medio. (Grava, carbón de antracita...)	Materiales típicos comunes. (Carbón bituminoso, piedra caliza...)	Material irregular, viscoso, fibroso que tiende a entrelazarse. (Madera, arena...)	Cualquier material con cualquier característica.
Fluidez					Banda plana
Muy elevada	Elevada	Media	Media	Baja	
Ángulo de reposo, α (°)					
0 - 19	20 - 29	30 - 34	35 - 39	40 y más	Otros
Ángulo de sobrecarga, θ (°)					
5	10	20	25	30	-

Según la norma UNE 58204, el ángulo de sobrecarga es 0,75 veces el de reposo aproximadamente, y como se aprecia en la Tabla 2 “*Propiedades de algunos materiales*”, el ángulo de reposo, α , es 38°, por lo que se obtiene un ángulo de sobrecarga, θ , de 28,5°.

1.3. VELOCIDAD DE TRANSPORTE

Una vez que se conoce el material y sus características se puede determinar la velocidad a la que será transportado. Hay que tener en cuenta que el material no se desborde durante el transporte y que la banda no se deteriore por una velocidad inadecuada.

Respecto a la velocidad lo que interesa es que ésta sea la más alta posible para poder disminuir el tiempo de transporte, y con él los tiempos de producción. Por otro lado, para la elección de la velocidad ha de tenerse en cuenta el material que se va a transportar, pues son sus propiedades las que van a influir sobre la banda, pudiéndola perjudicar en caso de una velocidad excesiva. Las propiedades del material que influyen en la elección de la velocidad son:

- **Fluides:** Muchos materiales son pulverulentos y fugitivos y no deben ser transportados a grandes velocidades por la tendencia a producirse polvo durante el trayecto o en las transferencias de cinta a cinta.
- **Abrasividad:** Los materiales abrasivos tienen aristas agudas que son peligrosas en el caso de velocidades elevadas porque pueden producir cortes y grietas en la banda.
- **Friabilidad:** Esta propiedad indica la facilidad con la que un objeto puede fraccionarse o desmenuzarse. Una velocidad elevada aumentaría el riesgo de que esto ocurriera durante el transporte, reduciendo el precio del producto.
- **Tamaño:** En el caso del transporte de objetos de tamaño considerable, una velocidad elevada aceleraría el desgaste de la banda debido a los impactos recibidos.

La Tabla 4 muestra las velocidades máximas admisibles en función del material transportado y del ancho de banda. En verde se resaltan los intervalos de anchos y velocidades correspondientes al transporte de un material como es la piedra caliza triturada.

Tabla 4. Velocidades máximas admisibles obtenidas de forma empírica. Fuente: López Roa, "Cintas transportadoras", 2002.

VELOCIDADES Y ANCHOS DE BANDA		
Material a transportar	Ancho de banda, B (mm)	Velocidad de la banda, v (m/s)
Granos y otros materiales que fluyen bien y no son abrasivos.	500	2,62
	650 y 800	3,35
	1000 y 1200	4,19
	1400 a 2400	5,24
Carbón, arcilla compactada, minerales blandos y tierras, piedras trituradas de pequeño tamaño.	500	2,09
	650 a 1000	3,35
	1200 a 1600	4,19
	1800 a 2400	5,24
Minerales con aristas vivas, duros y pesados, piedras trituradas de pequeño tamaño.	500	1,68
	650 y 800	2,09
	1000 a 2400	3,35
Arena de fundición preparada y apelmazada.	Cualquier ancho	1,05 – 1,68
Materiales no abrasivos, productos de origen vegetal, fertilizantes.	Cualquier ancho	1,31 a 2,09
Bandas extractoras, planas o en artesa, con materiales finos no abrasivos o medianamente abrasivos	Cualquier ancho	0,3 a 0,6

Para determinar un valor exacto de la velocidad hay que recurrir a la norma DIN 22101, donde se reflejan los valores normalizados de la velocidad de la banda en la Tabla 5. En verde se muestra el valor de la velocidad que resulta ser el máximo del intervalo de la tabla anterior.

Tabla 5. Velocidades máximas admisibles. Fuente: DIN 22101.

VELOCIDADES DE LA BANDA (m/s)			
-	0,66	0,84	1,05
1,31	1,68	2,09	2,62
3,35	4,19	5,24	-

Por tanto, la velocidad máxima de trabajo de la banda sería de 3,35 m/s, pero para evitar posibles derrames de material por exceso de potencias, se disminuye la velocidad a la inmediatamente inferior según la norma DIN 22101, que tiene un valor de **2,62 m/s**.

1.4. CAPACIDAD DE TRANSPORTE

Con el ancho y velocidad de banda calculados se puede determinar la capacidad de transporte. Existen tres conceptos que abarcan este apartado:

- **Capacidad requerida:** Expresada en toneladas por hora (T/h), es el valor de carga de proceso de acuerdo con las condiciones del usuario. Este valor será utilizado para calcular las tensiones en la banda y la potencia requerida por el motor.
- **Capacidad máxima de transporte:** Este parámetro depende del ancho de banda que se seleccione y de su velocidad, del ángulo de artesa y de la densidad del material transportado. La capacidad máxima calculada deberá ser mayor que la capacidad requerida para que la banda opere sin problemas.
- **Capacidad volumétrica:** Expresada en metros cúbicos por segundo (m^3/s). Esta capacidad depende del área de la sección transversal de la carga que puede situarse en la banda y su densidad.

Para calcular la capacidad real de transporte de la cinta hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- La geometría y posición de los sistemas de carga, como encauzadores y tolvas, deben ser diseñados correctamente para lograr que el material ocupe el mayor espacio posible del ancho de banda, y que el eje de estos sistemas alimentadores esté alineado con el eje de la banda para disponer de una carga centrada.

- La luz entre los rodillos superiores debe ser la adecuada conforme a la tensión de la banda y minimizar sus vibraciones, capaces de provocar derrames del material.

En este caso, la **capacidad requerida** por el cliente es de 1500 m³/h, que teniendo en cuenta la densidad del material de 1,4 T/m³, según la ecuación 15, dicha capacidad es de **2100 T/h**.

$$I_m' = I_v' \cdot \rho \quad (15)$$

Donde:

- I_v' : Caudal volumétrico requerido de material (m³/h). Su valor es 1500 m³/h.
- ρ : Peso específico del material (T/m³). Su valor es de 1,4 T/m³.

1.4.1 ÁREA TRANSVERSAL DE MATERIAL

El primer paso para calcular la capacidad de transporte es hallar el valor del área transversal de material. Este parámetro mide la superficie de material en m² normal al eje de la banda. Su valor depende los siguientes factores:

- El ancho útil de la banda (b), que depende del ancho total de la banda (B).
- El ángulo de artesa (λ) de la terna de rodillos superiores. Este ángulo depende principalmente de la flexibilidad de la banda y del tamaño del material. Si se transporta material de granos de gran tamaño el ángulo aumentará su valor.
- La longitud (l_3) de los rodillos superiores.
- El ángulo de reposo del material (α).
- La velocidad de la banda (v).
- El tamaño de grano máximo del material ($t_{\text{máx}}$).
- La forma de descarga de la tolva o encauzador.

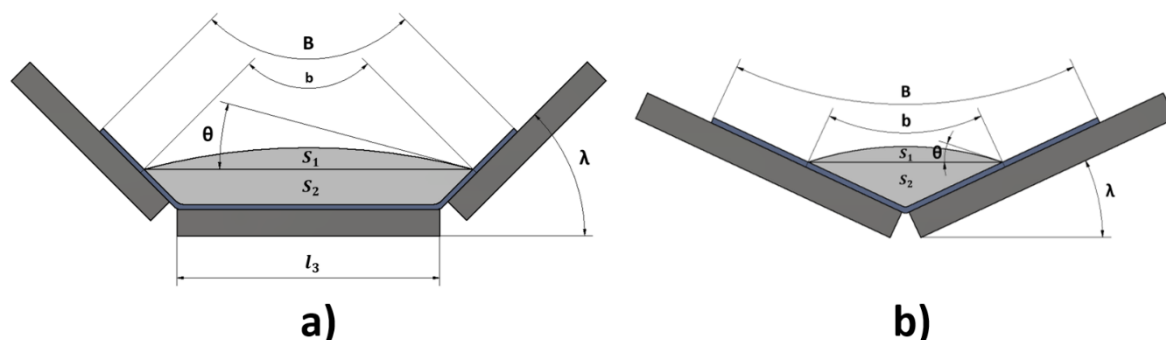


Figura 2. Áreas transversales de material en diferentes disposiciones de rodillos. a) Área transversal en disposición de rodillos en artesa. b) Área transversal en disposición de rodillos en V. Fuente: elaboración propia.

Como se representa en la Figura 2, el cálculo del área transversal es principalmente una cuestión de geometría. El área total es la suma de las dos áreas parciales 1 y 2:

$$S = S_1 + S_2 \quad (16)$$

Donde:

- S_1 : Área parcial superior (m^2).
- S_2 : Área parcial inferior (m^2).

Para el cálculo del área parcial superior, o sección 1, se emplean las expresiones proporcionadas por las normas DIN 22101, en el caso de la ecuación 17, y UNE 58204, en el caso de la ecuación 18.

$$S_1 = [l_3 + (b - l_3) \cdot \cos \lambda]^2 \cdot \frac{\tan \alpha}{4} \quad (17)$$

$$S_1 = [l_3 + (b - l_3) \cdot \cos \lambda]^2 \cdot \frac{\tan \theta}{6} \quad (18)$$

Donde:

- l_3 : Longitud de los rodillos soporte (m). Su valor es 0,380 m.
- b : Ancho útil de la banda (m). Dado que $B = 1 m$, $b = 0,85 m$.
 - Si $B \leq 2 m$:

$$b = 0,9B - 0,05 \quad (19)$$

- Si $B > 2 m$:

$$b = B - 0,25 \quad (20)$$

- λ : Ángulo de artesa ($^\circ$). Su valor es de 30° .
- α : Ángulo de reposo ($^\circ$). Su valor es de 38° .
- θ : Ángulo de talud dinámico ($^\circ$). Su valor es de $28,5^\circ$.
 - Este valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\theta = 0,75 \cdot \alpha \quad (21)$$

Para el cálculo de la sección 1 se ha elegido el criterio de la norma DIN 22101, mostrado en la ecuación 17, porque permite utilizar una banda más estrecha transportando una capacidad mayor, disminuyendo el coste de la instalación. Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 17 el valor de la **sección 1** es de **0,1210 m²**.

Para calcular el área parcial inferior, o sección 2, las dos normas coinciden en la misma expresión:

$$S_2 = \left[l_3 + \frac{(b - l_3)}{2} \cdot \cos \lambda \right] \cdot \left[\frac{(b - l_3)}{2} \cdot \sin \lambda \right] \quad (22)$$

Donde:

- l_3 : Longitud de los rodillos soporte (m). Su valor es de 380 m.
- b : Ancho útil de la banda (m). Su valor es de 0,85 m.
- λ : Ángulo de artesa (°). Su valor es de 30°.

De la ecuación 22 se obtiene un valor para la **sección 2** de **0,0686 m²**.

Una vez calculadas las secciones parciales se suman para calcular la sección total, o **área transversal de material**, tal y como indica la ecuación 16. El valor de esta área es de **0,1895 m²**.

1.4.2 CAPACIDAD TRANSPORTADA

La capacidad de transporte en metros cúbicos por segundo (m³/s) depende del área transversal de material, de la velocidad a la que es transportado y de un factor de seguridad que depende de la inclinación de la cinta. Según la norma UNE 58204 este parámetro se calcula con la siguiente expresión:

$$I_v = S v k \quad (23)$$

Donde:

- S : Área transversal de material (m²). Su valor es de 0,1895 m².
- v : Velocidad de la banda (m/s). Su valor es de 2,62 m/s.
- k : Factor de inclinación de la instalación. Según la Tabla 6 su valor es 0,93.

El factor de inclinación, k , tiene en cuenta la reducción del área transversal al subir materiales a granel por las pendientes de los tramos inclinados de las cintas transportadoras. Cuando el material sea de granulometría fina y no muy dispersa, el factor de inclinación se puede calcular, según UNE 58204 con la siguiente ecuación:

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1) \quad (24)$$

Donde:

- S : Área transversal de transporte de material (m²). Su valor es de 0,1895 m².
- S_1 : Área parcial superior del área transversal de material (m²). Su valor es de 0,1210 m².

- k_1 : Factor de reducción del área parcial superior S_1 .

Cuando se consideren instalaciones transportadoras de materiales de granulometría media y no muy dispersa, con un funcionamiento ideal, se puede escribir según la ecuación 25:

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \theta}{1 - \cos^2 \theta}} \quad (25)$$

Donde:

- δ : Ángulo de inclinación de la instalación (°). Su valor es de 12°.
- θ : Ángulo de talud dinámico del material (°). Su valor es de 28,5°.

Por otro lado se puede determinar el factor de reducción por inclinación, k , mediante valores tabulados según la norma DIN 22101, mostrados en la Tabla 6:

Tabla 6. Factor de reducción del caudal volumétrico en función de la inclinación de la instalación. Fuente: DIN 22101.

FACTOR DE INCLINACIÓN, k										
Inclinación (°)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
k	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81

De la ecuación 23 se obtiene una **capacidad de transporte** de 0,4617 m³/s, que es igual a **1662,25 m³/h**.

El caudal másico transportado se calcula tomando el caudal volumétrico y multiplicándolo por el peso específico del material, de igual forma que con la ecuación 26:

$$I_m = I_v \cdot \rho \quad (26)$$

Donde:

- I_v : Caudal volumétrico transportado (m³/h). Su valor es de 1662,25 m³/h.
- ρ : Peso específico del material (kg/m³). Su valor es de 1400 kg/m³, o lo que es lo mismo, 1,4 T/m³.

Se obtiene un **caudal másico** de **2327,15 T/h**, que es igual a **649,43 kg/s**.

Como se indicó en el apartado “6.1. Requisitos establecidos por el cliente” del “Documento I. Memoria”, se observa que el caudal volumétrico calculado de 1662,25 m³/h es mayor que el mínimo requerido por el cliente de 1500 m³/h, luego, la solución es válida.

1.5. ANCHO DE LA BANDA

Una vez establecida la velocidad de la banda hay que determinar su tamaño. El ancho de la banda está influenciado directamente por el del material transportado, puesto que, para una misma capacidad de carga, para un material de granulometría fina podrá emplearse una banda más estrecha en comparación con la que habría que utilizar para transportar un material con un tamaño de grano superior. En el caso en el que la granulometría sea muy elevada, ha de emplearse un ancho de banda que permita el transporte de cualquier combinación de granos finos y gruesos, lo que restringe ese ancho a un mínimo, independientemente de la capacidad requerida. Como se ve en la Figura 3, un ancho de banda mal escogido puede derivar en pérdidas considerables de material durante su transporte.

En este caso, los parámetros iniciales para la elección del ancho son los mostrados en la Tabla 7:

Tabla 7. Parámetros iniciales para la selección del ancho de banda.

PARÁMETROS INICIALES					
k	α (°)	v (m/s)	l_v' (m³/h)	ρ (T/m³)	θ (°)
0,93	38	2,62	1500	1,4	28,5

Donde:

- k: Factor de inclinación. Factor reductor de la capacidad volumétrica de transporte que depende del grado de inclinación, δ , de la instalación. Su valor se obtiene de la Tabla 6.
- α : Ángulo de reposo.
- v: Velocidad de la banda.
- l_v' : Capacidad volumétrica requerida de material transportado.
- ρ : Peso específico del material transportado. Su valor se obtiene de la Tabla 2.
- θ : Ángulo de talud dinámico o de sobrecarga.

La Tabla 8 muestra los diferentes tamaños de rodillos recomendados para cada ancho de banda según la norma UNE 58232:

Tabla 8. Longitud de los rodillos portantes para cada ancho de banda. Fuente: UNE 58232.

LONGITUD DE LOS RODILLOS PORTANTES							
Ancho de banda, b (mm)	400	500	650	800	1000	1200	1400
Longitud de rodillo, l_3 (mm)	160	200	250	315	380	465	530

Con las ecuaciones 19 y 20 se determina el ancho útil para cada uno de los anchos de banda. La Tabla 9 recoge esos valores:

Tabla 9. Ancho útil para cada ancho de banda. Fuente: UNE 58231.

ANCHO ÚTIL	
Ancho de banda, B (mm)	Ancho útil, b (mm)
400	310
500	400
650	535
800	670
1000	850
1200	1030
1400	1210

Con los parámetros iniciales, las longitudes de los rodillos portantes y los valores de los anchos útiles para cada ancho de banda, se construyen dos tablas. La Tabla 10 está basada en la norma UNE 58204, y la Tabla 11 en la norma DIN 22101. La razón de emplear las dos normas es que cada una de ellas utiliza una ecuación diferente para el cálculo de la sección transversal 1, como se ve en el apartado “1.4.1. Área transversal de material”.

Tabla 10. Selección del ancho de banda según la norma UNE 58204. 1) Ancho de banda. 2) Ángulo de artesa. 3) Longitud de rodillos portantes. 4) Ancho útil. 5) Sección transversal superior. 6) Sección transversal inferior. 7) Sección transversal total. 8) Caudal volumétrico transportado. 9) Caudal volumétrico total. 10) Porcentaje de llenado.

UNE 58204	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	B (mm)	λ (°)	L_3 (m)	b (m)	S_1 (m ²)	S_2 (m ²)	S (m ²)	I_{vi} (m ³ /h)	I_{vi} si b = B	a (%)
	400	30	0,16	0,31	0,0076	0,0084	0,0160	140,71	246,31	57,13
	500	30	0,2	0,4	0,0126	0,0143	0,0269	236,26	384,86	61,39
	650	30	0,25	0,535	0,0223	0,0266	0,0489	429,30	653,58	65,69
	800	30	0,315	0,67	0,0351	0,0416	0,0767	672,43	987,23	68,11
	1000	30	0,38	0,85	0,0561	0,0686	0,1246	1093,10	1549,06	70,57
	1200	30	0,465	1,03	0,0824	0,1002	0,1826	1602,16	2225,62	71,99
	1400	30	0,53	1,21	0,1133	0,1402	0,2534	2223,17	3037,43	73,19
	400	35	0,16	0,31	0,0072	0,0095	0,0168	147,07	256,89	57,25
	500	35	0,2	0,4	0,0120	0,0162	0,0281	246,91	401,38	61,52
	650	35	0,25	0,535	0,0212	0,03	0,0511	448	681	65,82
	800	35	0,315	0,67	0,0332	0,0469	0,0801	702,47	1029,42	68,24
	1000	35	0,38	0,85	0,0530	0,0772	0,1301	1141,44	1614,50	70,70
	1200	35	0,465	1,03	0,0779	0,1128	0,1907	1673,16	2320,24	72,11
	1400	35	0,53	1,21	0,1069	0,1577	0,2646	2321,01	3165,59	73,32
	400	45	0,16	0,31	0,0064	0,0113	0,0177	155,29	268,53	57,83
	500	45	0,2	0,4	0,0105	0,0191	0,0297	260,44	419,59	62,07
	650	45	0,25	0,535	0,0184	0,0353	0,0538	471,86	710,93	66,37
	800	45	0,315	0,67	0,0290	0,0553	0,0843	739,30	1075,34	68,75
	1000	45	0,38	0,85	0,0459	0,0908	0,1367	1198,89	1683,81	71,20
	1200	45	0,465	1,03	0,0676	0,1328	0,2004	1758,07	2421,99	72,59
	1400	45	0,53	1,21	0,0925	0,1852	0,2777	2435,78	3300,92	73,79

Tabla 11. Selección del ancho de banda según la norma DIN 22101. 1) Ancho de banda. 2) Ángulo de artesa. 3) Longitud de rodillos soporte. 4) Ancho útil. 5) Sección transversal superior. 6) Sección transversal inferior. 7) Sección transversal total. 8) Caudal volumétrico transportado. 9) Caudal volumétrico total. 10) Porcentaje de llenado.

DIN 22101	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	B (mm)	λ (°)	L_3 (m)	b (m)	S_1 (m ²)	S_2 (m ²)	S (m ²)	I_{vi} (m ³ /h)	I_{vi} si b = B	a (%)
	400	30	0,16	0,31	0,0164	0,0084	0,0249	217,99	370,73	58,80
	500	30	0,2	0,4	0,0272	0,0143	0,0415	364,33	579,27	62,90
	650	30	0,25	0,535	0,0482	0,0266	0,0748	656,27	980,66	66,92
	800	30	0,315	0,67	0,0757	0,0416	0,1173	1028,68	1484,02	69,32
	1000	30	0,38	0,85	0,1210	0,0686	0,1895	1662,68	2322,18	71,60
	1200	30	0,465	1,03	0,1779	0,1002	0,2781	2439,58	3341,35	73,01
	1400	30	0,53	1,21	0,2445	0,1402	0,3847	3374,37	4552,10	74,13
	400	35	0,16	0,31	0,0156	0,0095	0,0252	220,65	373,81	59,03
	500	35	0,2	0,4	0,0259	0,0162	0,0420	368,63	584,09	63,11
	650	35	0,25	0,535	0,0457	0,03	0,0756	663	988	67,13
	800	35	0,315	0,67	0,0717	0,0469	0,1186	1039,93	1495,95	69,52
	1000	35	0,38	0,85	0,1143	0,0772	0,1915	1679,57	2339,39	71,80
	1200	35	0,465	1,03	0,1681	0,1128	0,2810	2464,74	3367,27	73,20
	1400	35	0,53	1,21	0,2308	0,1577	0,3885	3407,55	4585,54	74,31
	400	45	0,16	0,31	0,0138	0,0113	0,0251	220,39	368,49	59,81
	500	45	0,2	0,4	0,0228	0,0191	0,0419	367,63	575,77	63,85
	650	45	0,25	0,535	0,0398	0,0353	0,0752	659,33	972,01	67,83
	800	45	0,315	0,67	0,0626	0,0553	0,1179	1033,90	1473,40	70,17
	1000	45	0,38	0,85	0,0991	0,0908	0,1899	1665,48	2299,70	72,42
	1200	45	0,465	1,03	0,1460	0,1328	0,2788	2445,31	3313,65	73,80
	1400	45	0,53	1,21	0,1996	0,1852	0,3848	3375,34	4506,83	74,89

Ambas tablas muestran diferentes anchos de banda empleando distintos ángulos de artesa. En cada fila se calculan las secciones transversales de material, como se ve en la columna 7, y su correspondiente caudal volumétrico, mostrado en la columna 8. La columna 9 indica el caudal transportado cuando la cinta trabaja totalmente llena. Finalmente, en la última columna, se muestra el porcentaje de llenado de la cinta respecto al caudal máximo que puede transportar la banda con el ancho correspondiente, donde un 0 % representa que la cinta circula vacía y el 100 % indica que la banda se encuentra al límite de su capacidad.

El criterio empleado para la selección del ancho de banda es:

- El mínimo valor de ancho posible para reducir costes.
- El mínimo valor de ángulo de artesa para disminuir la rigidez de la banda para que presente menos problemas de flexibilidad en la curva cóncava.
- Caudal volumétrico igual o superior al mínimo requerido de 1500 m³/h.
- Un porcentaje de llenado no superior al 90 % para evitar derrames de material.

En amarillo se muestra la selección del ancho de banda más adecuado a los criterios mencionados. De entre las dos normativas se opta por la DIN 22101, debido a que permite la selección de un ancho de banda de 1000 mm, cuyo coste es inferior que la que señala la UNE 58204, de 1200 mm.

Una vez calculado el ancho de banda, se procede a comprobar la siguiente condición, que establece que el ancho de banda debe ser igual o superior a tres veces la dimensión más grande del mayor grano del material transportado:

$$B \geq 3 \cdot t_{m\acute{a}x} \quad (27)$$

Verificándose la condición de la expresión:

$$\left. \begin{array}{l} B = 1000 \text{ mm} \\ t_{m\acute{a}x} = 30 \text{ mm} \end{array} \right\} 1000 \text{ mm} \geq 3 \cdot 30 \text{ mm} \rightarrow 1000 \text{ mm} \geq 90 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

Se puede observar que la condición se cumple sobradamente, por lo tanto, es correcto decir que se puede disponer de un **ancho de banda de 1000 mm**.

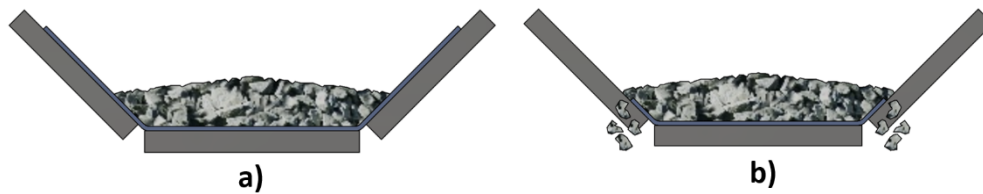


Figura 3. Diferentes anchos de banda para la misma capacidad de transporte. a) Cinta demasiado ancha que aumenta innecesariamente su coste. b) Cinta demasiado estrecha con derrames de material.

1.6. SELECCIÓN DE LA BANDA

Una vez determinado el ancho de banda hay que indicar su tejido y sus recubrimientos.

1.6.1 TEJIDO DE LA BANDA

Los tipos de tejidos más utilizados para las bandas, normalizados según DIN 22102, se muestran en la Tabla 12:

Tabla 12. Tejidos de las bandas. Fuente: DIN 22102.

TEJIDOS DE LAS BANDAS	
Material	Designación
Algodón	B
Aramida	D
Fibra de vidrio	G
Rayón	Z
Poliéster	E
Poliamida	P
Cables de acero	ST

En verde se muestra la combinación de tejido seleccionado para la carcasa de la banda transportadora. El poliéster es destinado a la urdimbre y el nylon a la trama de la carcasa, es decir, la banda es del **tipo EP**.

Para la obtención del resto de indicadores del tipo de banda hay que calcular el espesor y tipo del recubrimiento de la carcasa, y su resistencia a tracción.

1.6.2 TIPO DE RECUBRIMIENTO

El fabricante de bandas REFORTBELT recomienda los tipos de recubrimientos normales según la función que desempeñe la banda, como se muestra en la Tabla 13:

Tabla 13. Tipos de recubrimientos. Fuente: REFORTBELT.

TIPOS DE RECUBRIMIENTOS		
Designación	Función	Abrasión (mm ³)
N	Transporte de materiales pesados bajo condiciones de trabajo normales.	160
Y	Transporte de materiales pesados bajo condiciones de trabajo normales.	150
X	Materiales pesados, cortantes, aterronados. Resiste cortes y arañazos profundos.	120
W	Graneles altamente abrasivos.	80

Los recubrimientos de la banda determinan en gran parte su duración. La Tabla 14 recoge los recubrimientos más usuales junto con sus propiedades mecánicas de resistencia, abrasión y alargamiento según las normas DIN 22102 y DIN 22131:

Tabla 14. Recubrimientos de las bandas. Fuente: DIN 22102 y DIN 22131.

RECUBRIMIENTOS DE LAS BANDAS		
Designación	Carga de rotura (N/mm ²)	Alargamiento en rotura (%)
W	18	400
X	25	450
Y	25	400
Z	15	350

En verde se resalta el recubrimiento adecuado para una banda que transporta piedra caliza. Los recubrimientos superior e inferior han de ser del tipo Y.

Con estos datos, de momento la denominación de la banda es: 1000 EP _/_ _ + _ Y.

1.6.3 ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

Para calcular el espesor del recubrimiento de la carcasa hay que tener en cuenta el tiempo que toma el material transportado en estar en contacto con la banda, es decir, el tiempo que pasa desde que el material es cargado en la cinta hasta que es descargado. Este tiempo se calcula mediante la ecuación 28.

$$t_R = \frac{L_T}{v} \quad (28)$$

Donde:

- L_T : Longitud total de la banda (m). Su valor es de 91,67 m.
- v : Velocidad de la banda (m/s). Su valor es de 2,62 m/s.

Por tanto, el valor del tiempo de recorrido es de 34,99 s.

Mediante la Tabla 15 se determina el espesor del recubrimiento superior:

Tabla 15. Espesor del recubrimiento superior de la carcasa en función del material y de su tiempo de recorrido. Fuente: Claudia Martínez Bronchal, "Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos", 2018.

ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO SUPERIOR, mm										
Grado de abrasividad		A			B			C		
Tamaño máximo de grano (mm)		0 - 50	50 - 150	> 150	0 - 50	50 - 150	> 150	0 - 50	50 - 150	> 150
Tiempo de recorrido (min)	< 0,2	5 - 6	6 - 8	8 - 10	3 - 5	5 - 6	6 - 8	2 - 3	3 - 4	4 - 6
	0,2 - 0,4	4 - 5	5 - 6	6 - 8	3 - 4,5	> 5	> 6	2 - 2,5	2,5 - 4	4 - 5
	0,4 - 1	4 - 5	> 6	> 8	3 - 4	4 - 5	5 - 6	2 - 2,5	2,5 - 3,5	3,5 - 4
	1 - 5	3 - 5	5 - 6	7 - 8	3 - 5	4 - 5	5 - 6	2 - 2,5	2,5 - 3,5	3,5 - 4
	> 5	3 - 5	5 - 6	7 - 8	3 - 5	4 - 5	5 - 6	2 - 2,5	2,5 - 3,5	3,5 - 4

En verde se muestra el espesor superior adecuado para el transporte de un material con grado de abrasividad B, un tamaño máximo de grano de 15 mm y con un tiempo de recorrido de 34,99 s, que son 0,58 minutos. Por tanto, el **espesor superior** de la banda es de 3 – 4 mm. Se escoge el valor de **3 mm** por ser un material con un tamaño máximo de grano más próximo a 0 mm que a 50 mm.

El espesor del recubrimiento inferior, que depende del espesor del recubrimiento superior, se obtiene de la Tabla 16:

Tabla 16. Espesor inferior de la carcasa. Fuente: Claudia Martínez Bronchal, "Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos", 2018.

ESPESOR SUPERIOR, mm	ESPESOR INFERIOR, mm
2 – 3	1,5
4 – 5	2
6	1,5 – 3
8 - 10	2 – 3

En verde se selecciona el espesor del **recubrimiento inferior** con un valor de **1,5 mm**, correspondiente a los 3 mm del recubrimiento superior.

De momento, la denominación de la banda es: 1000 EP _ / _ 3+1,5 Y.

1.6.4 NÚMERO DE CAPAS DE LA CARCASA

La carcasa de las banda textiles está formada por una superposición de capas de tejido que se encargan de ofrecer resistencia a los esfuerzos a toda la banda. Un mayor número de capas implica una mayor resistencia. Este número de capas se calcula en función del carácter tensional de la banda, de su tamaño y de un coeficiente de seguridad.

$$z = \frac{\sigma_1 T_{m\acute{a}x}}{B N} \quad (29)$$

Donde:

- z : Número de capas de la carcasa.
- σ_1 : Coeficiente de seguridad para bandas textiles. Se obtiene de la Tabla 17. Su valor es 11.
- $T_{m\acute{a}x}$: Tensión máxima que soporta la banda (N). Su valor es de 94932,251 N.
- B : Ancho de banda (mm). Su valor es 1000 mm.
- N : Carga teórica de rotura de la banda (N/mm).

Según la norma DIN 22101, con la Tabla 17 se obtiene el coeficiente de seguridad para bandas textiles. Se elige el intervalo de 3 a 5 capas para disminuir su coste y su peso.

Tabla 17. Coeficientes de seguridad para bandas textiles. Fuente: Claudia Martínez Bronchal, "Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos", 2018.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD PARA BANDAS TEXTILES			
z	3 – 5	6 - 9	Más de 9
σ_1	11	12	13

1.6.5 COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA MÍNIMA A TRACCIÓN

Según el catálogo del fabricante de bandas REFORTBELT se puede elegir una banda estándar o fabricar una bajo pedido realizando las combinaciones adecuadas, tal y como se refleja en la Tabla 18:

Tabla 18. Bandas del fabricante REFORTBELT bajo pedido. Fuente: REFORTBELT.

BANDAS REFORTBELT BAJO PEDIDO							
Tejido	Carga rotura	N° de telas	Cobertura superior	Cobertura inferior	Calidad	Cantos	Anchos
EP	250	2	2	0	Y	Moldeados	400
PP	400	3	3	1,5	X	Moldeados	500
EPP	500	4	4	2	W	Moldeados	600
	630	5	5	3	MOR	Moldeados	650
	800		6	4	OR	Moldeados	800
	1000		8	6	HEAT	Moldeados	1000
	1250		10	8	HI-HEAT	Moldeados	1200
	1500			10	YK	Moldeados	1400
	2000				YS	Moldeados	1600
						Moldeados	1800

Todas las combinaciones de la Tabla 18 son posibles para fabricar la banda adecuada a cada situación.

Los parámetros conocidos se reflejan en la Tabla 19:

Tabla 19. Parámetros conocidos de la banda.

PARÁMETROS CONOCIDOS DE LA BANDA						
Ancho (mm)	Tejido	Carga de rotura	N° de telas	Cobertura Superior (mm)	Cobertura Inferior (mm)	Calidad
1000	EP	-	3 - 5	3	1,5	Y

Teniendo en cuenta las posibles combinaciones de los parámetros de la banda según el fabricante, y los parámetros ya determinados en apartados anteriores, la Tabla 20 muestra todas las bandas posibles.

Tabla 20. Tipos de bandas posibles, organizadas en columnas según su número de capas (3, 4 y 5).

TIPOS DE BANDAS POSIBLES		
1000 EP 250/3 3+1,5 Y	1000 EP 250/4 3+1,5 Y	1000 EP 250/5 3+1,5 Y
1000 EP 400/3 3+1,5 Y	1000 EP 400/4 3+1,5 Y	1000 EP 400/5 3+1,5 Y
1000 EP 500/3 3+1,5 Y	1000 EP 500/4 3+1,5 Y	1000 EP 500/5 3+1,5 Y
1000 EP 630/3 3+1,5 Y	1000 EP 630/4 3+1,5 Y	1000 EP 630/5 3+1,5 Y
1000 EP 800/3 3+1,5 Y	1000 EP 800/4 3+1,5 Y	1000 EP 800/5 3+1,5 Y
1000 EP 1000/3 3+1,5 Y	1000 EP 1000/4 3+1,5 Y	1000 EP 1000/5 3+1,5 Y
1000 EP 1250/3 3+1,5 Y	1000 EP 1250/4 3+1,5 Y	1000 EP 1250/5 3+1,5 Y
1000 EP 1500/3 3+1,5 Y	1000 EP 1500/4 3+1,5 Y	1000 EP 1500/5 3+1,5 Y
1000 EP 2000/3 3+1,5 Y	1000 EP 2000/4 3+1,5 Y	1000 EP 2000/5 3+1,5 Y

Conocidas las bandas posibles, se calcula la resistencia al movimiento y realiza el análisis tensional con cada una de ellas para determinar la banda correcta. Para realizar los análisis de tensiones y escoger el tipo de banda adecuado hay que tener en cuenta que el tipo no sólo influye en la resistencia, sino también en su peso y su coste. Estos tres parámetros son lo que permiten decidir qué tipo de banda es la adecuada para esta instalación.

En la Tabla 20, en amarillo se muestra la banda con la que se decide comenzar el análisis. Mediante el catálogo del fabricante REFORTBELT, y la ecuación 35 del apartado “1.7. Resistencias al movimiento de la cinta”, sus propiedades son:

- Ancho: 1000 mm.
- Resistencia de rotura: 630 N/mm.
- Peso: 15,9 kg/m.

Con estos datos se pueden calcular las resistencias al movimiento de la cinta, gracias al conjunto de ecuaciones de la 33 a la 51 del apartado “1.7. Resistencias al movimiento de la cinta”. Estos valores se muestran en la Tabla 21:

Tabla 21. Resistencias al movimiento de la cinta para una banda 1000 EP 630/3 3+1,5 Y.

RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DE LA CINTA (N)	
Resistencias principales	4891,242
Resistencias secundarias	7044,542
Resistencia de inercia y rozamiento	1630,62
Resistencia rozamiento material y paredes	5342,924
Resistencia al enrolamiento en los tambores	70,998
Resistencias principales especiales	2310,783
Resistencia de convergencia	0
Resistencia faldones	2310,783
Resistencias secundarias especiales	1689,9
Resistencia limpiadores	189,9
Resistencia guías	1500
Resistencia por la inclinación	30552,753

Como se ve en la ecuación 52 del apartado “1.8. Esfuerzo tangencial en el tambor motriz”, sumando las resistencias **remarcadas** se obtiene la fuerza tangencial que debe ofrecer el tambor motriz para iniciar el movimiento de la banda. Ese valor es de 46489,22 N.

El siguiente paso sería calcular las tensiones de la banda tanto en régimen permanente como en régimen transitorio, tal como se muestra en las ecuaciones del apartado “1.11. Tensiones de la banda”.

Finalmente, se toma la tensión máxima, que resulta ser el valor que toma T_1 en régimen transitorio, y se comprueba la resistencia a tracción de la banda escogida mediante las ecuaciones 30 y 31.

$$N' = \frac{\sigma T_{m\acute{a}x}}{B} \quad (30)$$

$$N > N' \quad (31)$$

Donde:

- N' : Carga de rotura de la banda (N/mm).
- N : Carga teórica de rotura de la banda (N/mm).
- σ : Coeficiente de seguridad. Se obtiene de la Tabla 22, su valor es de 10.
- $T_{m\acute{a}x}$: Tensión máxima que soporta la banda (N). Se obtiene de la ecuación 95, del apartado “1.11. Tensiones de la banda”, y su valor corresponde con el tramo tenso de la banda durante el arranque.
- B : Ancho de banda (mm). Su valor es de 1000 mm.

Tabla 22. Coeficiente de seguridad para la resistencia mínima a tracción. Fuente: Claudia Martínez Bronchal, “Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos”, 2018.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD, σ	
Bandas con cables de acero	8
Resto de bandas	10

En la Tabla 23 se muestran los diferentes tipos de bandas del fabricante REFORTBELT con las que se ha calculado la tensión máxima gracias a las ecuaciones de los apartados “1.7. Resistencias al movimiento de la cinta” y “1.11. Tensiones de la banda”, y se ha comprobado la resistencia a tracción con las ecuaciones 30 y 31:

Tabla 23. Análisis de tensiones y comprobación de resistencia para cada tipo de banda. En azul las bandas de 3 capas de tela, en verde las de 4 capas y en rojo las de 5.

TIPO DE BANDA	N	PESO	T máx	N'	CONTROL
1000 EP 250/3 3+1,5 Y	250	11,4	58257,582	582,576	FALLO
1000 EP 400/3 3+1,5 Y	400	13,2	58606,291	586,063	FALLO
1000 EP 500/3 3+1,5 Y	500	14,4	58839,342	588,393	FALLO
1000 EP 630/3 3+1,5 Y	630	15,9	59131,306	591,313	CUMPLE
1000 EP 800/3 3+1,5 Y	800	17,86	59513,895	595,139	CUMPLE
1000 EP 1000/3 3+1,5 Y	1000	20,17	59966,387	599,664	CUMPLE
1000 EP 1250/3 3+1,5 Y	1250	23,05	60532,933	605,329	CUMPLE
1000 EP 1500/3 3+1,5 Y	1500	25,94	61104,124	611,041	CUMPLE
1000 EP 2000/3 3+1,5 Y	2000	31,71	62252,552	622,526	CUMPLE
1000 EP 250/4 3+1,5 Y	250	13,4	58645,101	586,451	FALLO
1000 EP 400/4 3+1,5 Y	400	15,8	59111,819	591,118	FALLO
1000 EP 500/4 3+1,5 Y	500	17,4	59423,993	594,240	FALLO
1000 EP 630/4 3+1,5 Y	630	19,4	59815,366	598,154	CUMPLE
1000 EP 800/4 3+1,5 Y	800	22,02	60330,008	603,300	CUMPLE
1000 EP 1000/4 3+1,5 Y	1000	25,09	60935,848	609,358	CUMPLE
1000 EP 1250/4 3+1,5 Y	1250	28,94	61699,893	616,999	CUMPLE
1000 EP 1500/4 3+1,5 Y	1500	32,78	62466,694	624,667	CUMPLE
1000 EP 2000/4 3+1,5 Y	2000	40,48	64018,560	640,186	CUMPLE
1000 EP 250/5 3+1,5 Y	250	15,4	59033,904	590,339	FALLO
1000 EP 400/5 3+1,5 Y	400	18,4	59619,519	596,195	FALLO
1000 EP 500/5 3+1,5 Y	500	20,4	60011,534	600,115	FALLO
1000 EP 630/5 3+1,5 Y	630	22,9	60503,360	605,034	CUMPLE
1000 EP 800/5 3+1,5 Y	800	26,17	61149,697	611,497	CUMPLE
1000 EP 1000/5 3+1,5 Y	1000	30,02	61915,077	619,151	CUMPLE
1000 EP 1250/5 3+1,5 Y	1250	34,82	62875,984	628,760	CUMPLE
1000 EP 1500/5 3+1,5 Y	1500	39,63	63846,315	638,463	CUMPLE
1000 EP 2000/5 3+1,5 Y	2000	49,25	65809,268	658,093	CUMPLE

Por tanto, la banda adecuada sería precisamente la 630 EP 1000/3 3+1,5 Y. Sin embargo, debido al cálculo de la tensión mínima del apartado “1.11.5. Tensión mínima”, la banda con resistencia de 630 N/mm no es capaz de contar con la tensión mínima adecuada, por lo que, debido a la comprobación de ese apartado, ha de emplearse la banda **1000 EP 1000/3 3+1,5 Y**.

1.7. RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DE LA CINTA

Para que la cinta transportadora funcione correctamente el movimiento de la banda debe superar una serie de resistencias. Estas resistencias consisten generalmente en los rozamientos y la gravedad, y el movimiento de la banda ha de superarlas para acelerar el material sobre todo en los tramos inclinados de la cinta. Para el cálculo de estas resistencias se emplea la norma UNE 58204.

A continuación, se muestran las expresiones que reflejan los pesos de los elementos encargados de soportar el material, además de su propio peso. Estos pesos se calculan de la siguiente forma:

- **Masa de rodillos por unidad de longitud:** Las ecuaciones 32 y 33 calculan el peso de los rodillos superiores e inferiores por metro lineal del recorrido de la banda. Sus valores son de 2,686 kg/m y 2,585 kg/m respectivamente.

$$q_{Ro} = \frac{m_{Ro}}{a_o} \quad (32)$$

$$q_{Ru} = \frac{m_{Ru}}{a_u} \quad (33)$$

Donde:

- q_{Ro} : Masa de las partes giratorias de los rodillos superiores por unidad de longitud (kg/m).
 - q_{Ru} : Masa de las partes giratorias de los rodillos inferiores por unidad de longitud (kg/m).
 - m_{Ro} : Masa de las partes giratorias de los rodillos superiores (kg). Del catálogo se obtiene un valor de 3,223 kg.
 - m_{Ru} : Masa de las partes giratorias de los rodillos inferiores (kg). Del catálogo se obtiene un valor de 7,755 kg.
 - a_o : Distancia entre estaciones de rodillos superiores (m). Su valor es 1,2 m. Se obtiene del apartado “1.12.4 Separación de las estaciones de rodillos”.
 - a_u : Distancia entre estaciones de rodillos inferiores (m). Su valor es de 3 m. Se obtiene del apartado “1.12.4 Separación de las estaciones de rodillos”.
- **Masa de la banda por unidad de longitud, q_B :** Se trata del peso de la carcasa más los recubrimientos por unidad de metro lineal de recorrido. Su valor se obtiene del catálogo del fabricante ROTRANS, y según la ecuación 34, es **15,90 kg/m**.

$$q_B = B (1,2 e + Pl z) \quad (34)$$

Donde:

- B : Ancho de banda (m). Su valor es de 1 m.
- e : Espesor total de los recubrimientos (mm). Su valor es 4,5 mm.
- Pl : Peso de cada capa de tejido (kg/m²). Su valor es de 3,5 kg/m². Dato extraído del catálogo del fabricante ROTRANS.
- z : Número de capas de tejido. Su valor es de 3 capas.

- **Masa de material por unidad de longitud, q_G :** Es el peso del material transportado en la cinta por unidad de longitud. Se obtiene un valor de **246,79 kg/m**.

$$q_G = \frac{I_m}{v} \quad (35)$$

Donde:

- I_m : Caudal másico de material transportado (kg/s). Su valor se obtiene en el apartado "1.4.2. Capacidad transportada", siendo de 2327,75 T/h, que son 646,60 kg/s.
- v : Velocidad de la banda (m/s). Su valor es de 2,62 m/s.

1.7.1 RESISTENCIAS PRINCIPALES, F_H

Las resistencias principales son las siguientes:

- Resistencia al giro de los rodillos portantes del ramal cargado y del ramal de retorno, debido al rozamiento en los rodamientos y las juntas de los rodillos.
- Resistencia al avance de la banda debido a su movimiento sobre los rodillos, y de las flexiones alternativas de la banda y el material.

Aplicando la Ley de rozamiento de Coulomb, la resistencia principal total es igual al producto del coeficiente ficticio de rozamiento f , por la longitud de transporte L_T y por la suma de las fuerzas verticales por metro lineal resultante de todas las fuerzas en movimiento. La **resistencia** calculada es de **4891,66 N**.

$$F_H = f L_T g [q_{Ro} + q_{Ru} + (2q_B + q_G) \cos \delta] \quad (36)$$

Donde:

- F_H : Resistencias principales (N).
- f : Coeficiente ficticio de rozamiento. Se obtiene de la Tabla 24. Su valor es 0,02.
- L_T : Longitud total de la trayectoria de la banda (m). Su valor es de 91,67 m.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2). Su valor es de 9,81 m/s^2 .
- q_{Ro} : Masa de los rodillos superiores por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 2,686 kg/m.
- q_{Ru} : Masa de los rodillos inferiores por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 2,585 kg/m.

- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 15,90 kg/m.
- q_G : Masa del material transportado por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 236,18 kg/m.
- δ : Ángulo de inclinación de la instalación ($^\circ$). Su valor es de 12° . Según UNE 58204, cuando la inclinación de la cinta es menor de 18° se puede suponer que $\cos \delta = 1$.

El coeficiente ficticio de rozamiento, f , trata de aproximar el valor de la fricción generada por el peso y el avance de la banda con los rodillos, y varía en función del tipo de rodillos empleados, la estructura de la banda y del mantenimiento del sistema. El valor estándar de este coeficiente es 0,02 pero puede incrementarse según las siguientes condiciones:

- Alta fricción interna del material.
- Empleo de rodillos portantes superiores de longitud menor de 108 mm.
- Velocidad de la banda supera los 5 m/s.
- Temperatura de trabajo es menor de 20°C .
- Bajas tensiones en la banda.

La Tabla 24, muestra los valores recomendados de f en función de las condiciones de operación, mantenimiento y estanqueidad.

Tabla 24. Coeficiente ficticio de rozamiento. Fuente: López Roa, "Cintas transportadoras", 2002.

COEFICIENTE FICTICIO DE ROZAMIENTO	
Condiciones de operación	f
Cintas transportadoras descendentes que requieren frenado mediante el motor	0,12
Condiciones favorables con buenas bandas transportadoras con rodillos de marcha suave y pequeña fricción con el material	0,017
Condiciones con ambiente normal de trabajo	0,02
Condiciones de marcha desfavorables con ambientes polvorientos y sobrecargas periódicas	0,023 – 0,03

1.7.2 RESISTENCIAS SECUNDARIAS, F_N

Las resistencias secundarias son las siguientes:

- Resistencias de inercia y rozamiento sobre el punto de carga en la zona de aceleración entre el material transportado y la banda (N). De la ecuación 37 se obtiene un valor de **1621,23 N**.

$$F_{bA} = I_m(v - v_0) \quad (37)$$

Donde:

- I_m : Caudal másico de la banda (kg/s). Su valor es de 646,60 kg/s.
- v : Velocidad de la banda (m/s). Su valor es de 2,62 m/s.
- v_0 : Componente de la velocidad de la alimentación del material en el sentido del transporte (m/s). Su valor es de 0 m/s debido a que el material cae verticalmente sobre la cinta.
- Resistencia debida al rozamiento entre el material transportado y las paredes laterales de las canaletas de alimentación en la zona de aceleración del material (N). De la ecuación 38 se obtiene un valor de **1117,70 N**.

$$F_t = \frac{\mu_2 I_m g l_b}{\left(\frac{v - v_0}{2}\right)^2 b_1^2} \quad (38)$$

Donde:

- μ_2 : Coeficiente de rozamiento entre el material transportado y la guía. Su valor se obtiene de UNE 58204 y se escoge 0,5.
- I_m : Caudal másico de la banda (kg/s). Su valor es de 618,79 kg/s.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²). Su valor es de 9,81 m/s².
- l_b : Longitud de aceleración (m). Se toma el valor mínimo según la ecuación 39, que resulta ser de 0,267 m.

$$l_{b \min} = \frac{v^2 - v_0^2}{2 g \mu_1} \quad (39)$$

- v : Velocidad de la banda (m/s). Su valor es de 2,62 m/s.
- v_0 : Componente de la velocidad de la alimentación del material en el sentido del transporte (m/s). Su valor es de 0 m/s debido a que el material cae verticalmente sobre la cinta.
- b_1 : Anchura de la banda entre las guías (m). De la Tabla 25 se obtiene un valor de 0,650 m.
- μ_1 : Coeficiente de adherencia entre el material y la banda. Su valor se obtiene de UNE 58204 y se escoge 0,5.

Tabla 25. Dimensiones de las guías de carga. Fuente: UNE 58204.

DIMENSIONES DE LAS GUÍAS DE CARGA							
Anchos (mm)		Longitudes, l (m)					
B	b1	Velocidades (m/s)					
		$v \leq 2,09$		$2,09 < v \leq 3,35$		$v > 3,35$	
500	350	3	3	4	-	5	-
650	400						
800	500		4		4		5
1000	650						
1200	800		4		5		6
1400	900						

- Resistencia de enrolamiento de la banda en su paso sobre los tambores (N). De la ecuación 40 se obtiene un valor de **166,90 N**.

$$F_1 = \frac{9 B d}{D} \left(140 + 0,01 \frac{F}{B} \right) \quad (40)$$

Donde:

- B : Ancho de banda (m). Su valor es de 1 m.
- d : Espesor total de la banda (m). Su valor es de 0,018 m al tener cada capa el mismo espesor que la suma de espesores del recubrimiento.
- D : Diámetro del tambor motriz (m). Del apartado "1.12.1. Tambores" se obtiene un valor de 1 m.
- F : Tensión media de la banda (N). Se obtiene con la ecuación 44. Su valor es de 89023,87 N.

$$F = \frac{a_0 g (q_B + q_G)}{\frac{8 q}{a_0}} \quad (41)$$

Donde:

- a_0 : Distancia entre estaciones de rodillos superiores (m). Su valor es de 1,2 m.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2). Su valor es de 9,81 m/s^2 .
- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 15,90 kg/m.
- q_G : Masa del material transportado por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 246,79 kg/m.

- q : Flecha entre estaciones de rodillos (m). Como valor de diseño se toma 5 mm.
- Resistencia de los cojinetes de todos los tambores (N), exceptuando los tambores de accionamiento. Su valor es despreciable.

$$F_c = 0,005 \frac{d_0}{D} F_T \quad (42)$$

Donde:

- d_0 : Diámetro del eje de accionamiento (m).
- D : Diámetro del tambor motriz (m). Del apartado "1.12.2. Tambores" se obtiene un valor de 0,630 m.
- F_T : Suma vectorial de las dos tensiones de la cinta aplicada sobre el tambor y de los esfuerzos debido a las masas de las partes giratorias en 1 tambor.

Por tanto, las **resistencias secundarias** son la suma de las resistencias anteriores. Su valor se obtiene de la ecuación 43 y es **2905,83 N**.

$$F_N = F_{bA} + F_t + F_1 \quad (43)$$

1.7.3 RESISTENCIAS PRINCIPALES ESPECIALES, F_{S1}

Hay dos resistencias principales especiales.

- Resistencia de convergencia debida a la posición oblicua o inclinada de los rodillos portantes en el sentido de marcha de la banda (N). Esta disposición de los rodillos influye en el centrado de la banda y consiste en adelantar los frentes exteriores de los rodillos laterales respecto al central, inclinando sus ejes. De la ecuación 44 se obtiene un valor de **0 N**.

$$F_\epsilon = C_E \mu_0 L_E (q_B + q_G) g \cos \delta \sin \epsilon \quad (44)$$

Donde:

- F_ϵ : Resistencia de convergencia (N).
- C_E : Factor de artesa. Se obtiene de la Tabla 26. Su valor es 0,4.
- μ_0 : Coeficiente de rozamiento entre la banda y los rodillos portantes. Se obtiene de la norma UNE 58204. Su valor es de 0,3.
- L_E : Longitud de la instalación con rodillos portantes convergentes (m). Su valor es de 0 m.

- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 15,90 kg/m.
- q_G : Masa del material transportado por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 246,79 kg/m.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²). Su valor es de 9,81 m/s².
- δ : Ángulo de inclinación de la instalación (°). Su valor es de 12°.
- ϵ : Ángulo de convergencia (°). Su valor de diseño es de 4°.

Tabla 26. Factor de artesa. Fuente: UNE 58204.

FACTOR DE ARTESA	
Ángulo de artesa	CE
30	0,4
45	0,5

- Resistencia debida al rozamiento contra los faldones de las canaletas de alimentación, o contra las guías longitudinales, cuando actúan sobre la banda (N). De la ecuación 45 se obtiene un valor de 1848,63 N.

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 I_v^2 \rho g l}{v^2 b_1^2} \quad (45)$$

Donde:

- F_{gL} : Resistencia debida al rozamiento contra los faldones (N).
- μ_2 : Coeficiente de rozamiento entre el material transportado y las guías. Se obtiene de la norma UNE 58204. Su valor es de 0,5.
- I_v : Caudal volumétrico de material (m³/s). Su valor es de 0,4418 m³/s.
- ρ : Peso específico del material transportado (kg/m³). Su valor es de 1400 kg/m³.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²). Su valor es de 9,81 m/s².
- l : Longitud de transporte entre guías (m). Según la Tabla 16 su valor es de 4 m.
- v : Velocidad de la banda (m/s). Su valor es de 2,62 m/s.
- b_1 : Anchura de la banda entre guías (m). Según la Tabla 25, su valor es de 0,65 m.

Según la ecuación 49, el valor de las **resistencias principales especiales** resulta ser de **1848,63 N**.

$$F_{S1} = F_{\epsilon} + F_{gL} \quad (46)$$

1.7.4 RESISTENCIAS SECUNDARIAS ESPECIALES, F_{S2}

Hay que tener en cuenta cinco resistencias de este tipo.

- Resistencia debida al rozamiento de los dispositivos de limpieza de los tambores y de la banda (N). En este caso hay tres rascadores, uno primario en el tambor motriz, un secundario a la entrada del tensor y otro en V antes del tambor de reenvío. De la ecuación 47 se obtiene un valor de **190,8 N**.

$$F_r = A p \mu_3 \quad (47)$$

Donde:

- F_r : Resistencia debida al rozamiento de los dispositivos de limpieza (N).
- A : Superficie de contacto total entre banda y los dos limpiadores (m^2). Se obtiene un valor de $0,0106 m^2$, resultado de la suma de las áreas de los tres limpiadores.
 - $A_{primario} = 0,005 mm \times 0,882 mm = 0,00441 mm^2$
 - $A_{secundario} = 0,002 mm \times 0,950 mm = 0,0019 mm^2$
 - $A_v = 0,003 mm \times 1,414 mm = 0,00424 mm^2$
- p : Presión entre el limpiador y la banda (N/m^2). De la norma UNE 58204 se obtiene un valor de $3 \times 10^4 N/m^2$.
- μ_3 : Coeficiente de rozamiento entre el limpiador y la banda. De la norma UNE 58204 se obtiene un valor de 0,6.
- Resistencia debida al rozamiento contra los faldones de canaletas o contra las guías cuando actúan únicamente sobre una parte de la longitud de la banda (N). De la ecuación 48 se obtiene un valor de **1500 N**.

$$F_a = B k_a \quad (48)$$

Donde:

- F_a : Resistencia debida al rozamiento contra los faldones de canaletas (N).
- B : Ancho de banda (m). Su valor es de 1 m.
- k_a : Factor de raspado (N/m). De la norma UNE 58204 se obtiene un valor de $1500 N/m$.
- Resistencia debida al retorno del ramal inferior de la banda (N).
- Resistencia debida a las rejillas de derrame del material (N). La cinta no cuenta con este tipo de rejillas, por lo que esta resistencia es nula.

- Resistencia debida a los carros vertedores (N). La cinta no cuenta con carros vertedores por lo que esta resistencia es nula.

Por tanto, según la ecuación 49 el valor de las **resistencias secundarias especiales** resulta ser de **1689,9 N**.

$$F_S = F_r + F_a \quad (49)$$

1.7.5 RESISTENCIA DEBIDA A LA INCLINACIÓN, F_{St}

Esta resistencia aparece cuando la instalación cuenta con tramos inclinados y existe un desnivel entre los puntos de carga y descarga de material. Su valor queda determinado por la ecuación 50, siendo de **28057,74 N**.

$$F_{St} = q_G H g \quad (50)$$

Donde:

- q_G : Masa del material transportado por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 246,79 kg/m.
- H : Altura entre ejes de tambores (m). Su valor es de 12,11 m.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²). Su valor es de 9,81 m/s².

Esta resistencia tiene valor positivo en el caso de instalaciones ascendentes, y negativo en el caso de instalaciones descendentes.

1.8. FUERZA TANGENCIAL EN EL TAMBOR MOTRIZ

La **fuerza tangencial** total de la periferia del tambor motriz es el esfuerzo total necesario que debe realizar este elemento para poder vencer a todas las resistencias que se oponen al movimiento, anteriormente mencionadas y calculadas. Según la norma UNE 58204, su valor se obtiene sumando todas esas resistencias, como muestra la ecuación 51. Su valor resulta ser de 39393,75 N.

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St} \quad (51)$$

Donde:

- F_U : Esfuerzo tangencial en el tambor motriz (N).
- F_H : Resistencias principales (N). Su valor es de 4891,66 N.
- F_N : Resistencias secundarias (N). Su valor es de 2905,83 N.
- F_{S1} : Resistencias principales especiales (N). Su valor es de 1848,63 N.

- F_{S2} : Resistencias secundarias especiales (N). Su valor es de 1689,9 N.
- F_{St} : Resistencia debida a la inclinación (N). Su valor es de 28057,74 N.

Del mismo modo, la norma UNE 58204 permite emplear la ecuación 52 en el caso de cintas transportadoras cuyo trayecto supere los 80 m de longitud. El coeficiente “C”, cuyo cálculo se expone en el apartado “1.8.1. Coeficiente de fricción, C”, engloba las resistencias secundarias y multiplica a las resistencias principales. En este caso el **esfuerzo tangencial** tiene un valor de **40776,83 N**.

$$F_U = CF_H + F_{S1} + F_{S2} + F_{St} \quad (52)$$

Donde:

- C : Coeficiente de fricción que engloba a las resistencias secundarias. Su valor es 1,8727. Se obtiene mediante las ecuaciones 53 y 54 o mediante la gráfica de la Figura 4.

Se opta por el valor obtenido con el coeficiente C por ser más conservador.

1.8.1 COEFICIENTE DE FRICCIÓN, C

Según López Roa, el coeficiente de fricción C se puede calcular mediante las ecuaciones 53 y 54, que dependen de la longitud de la instalación.

Si la longitud está en el intervalo $80 \leq L_T \leq 140$ m:

$$C = 1 + \frac{80}{L_T} \quad (53)$$

Si la longitud está en el intervalo $L > 140$ m:

$$C = 1 + \frac{90}{L_T} \quad (54)$$

Donde:

- L_T : Longitud total de la instalación (m). Su valor es de 91,67 m.

Gracias a la ecuación 53, se obtiene un coeficiente **C** de **1,8727**. La Figura 4, mostrada en la norma UNE 58204, describe la curva que refleja el valor del coeficiente C en función de la longitud de la cinta transportadora.

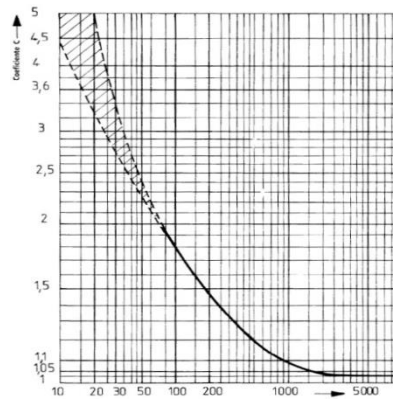


Figura 4. Gráfica del coeficiente de fricción C en función de la longitud de la cinta. Fuente: UNE 58204.

1.8.2 RESISTENCIAS EN LOS RAMALES DE LA BANDA

Las resistencias calculadas en el apartado “1.7. Resistencias al movimiento de la cinta” engloban todos los aspectos que afectan a la banda transportadora en todo su recorrido. Sin embargo, hay que distinguir las resistencias que aparecen en los ramales superior e inferior. Se calculan de forma similar a las ya calculadas en los apartados anteriores.

Resistencias del ramal superior:

$$R_{Po} = F_{Ho} + F_{No} + R_o + R_{sto} + R_{ao} \quad (55)$$

Donde:

- R_{Po} : Resistencia total en el ramal superior de la banda (N).
- F_{Ho} : Resistencias principales en el ramal superior de la banda (N).
- F_{No} : Resistencias secundarias en el ramal superior de la banda (N).
- R_o : Resistencia de rozamiento en el ramal superior de la banda (N).
- R_{sto} : Resistencia por la inclinación en el ramal superior de la banda (N).
- R_{ao} : Resistencia inercial en el arranque en el ramal superior de la banda (N).

Su valor es nulo cuando se estudia el régimen estacionario.

Resistencias en el ramal inferior:

$$R_{Pu} = F_{Hu} + F_{Nu} + R_u + R_{stu} + R_{au} \quad (56)$$

Donde:

- R_{Pu} : Resistencia total en el ramal inferior de la banda (N).
- F_{Hu} : Resistencias principales en el ramal inferior de la banda (N).

- F_{Nu} : Resistencias secundarias en el ramal inferior de la banda (N).
- R_u : Resistencia de rozamiento en el ramal inferior de la banda (N).
- R_{stu} : Resistencia por la inclinación en el ramal inferior de la banda (N).
- R_{au} : Resistencia inercial en el arranque en el ramal inferior de la banda (N). Su valor es nulo cuando se estudia el régimen estacionario.

Resistencias principales:

Ramal superior:

$$F_{Ho} = f L_T g [q_{Ro} + (q_B + q_G) \cos \delta] \quad (57)$$

Se obtiene un valor de **4462,13 N**.

Ramal inferior:

$$F_{Hu} = f L_T g [q_{Ru} + q_B \cos \delta] \quad (58)$$

Se obtiene un valor de **324,70 N**.

Donde:

- f : Coeficiente ficticio de rozamiento. Se obtiene de la Tabla 24. Su valor es 0,02.
- L_T : Longitud total de la trayectoria de la banda (m). Su valor es de 91,67 m.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2). Su valor es de 9,81 m/s^2 .
- q_{Ro} : Masa de los rodillos superiores por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 2,686 kg/m.
- q_{Ru} : Masa de los rodillos inferiores por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 2,585 kg/m.
- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 15,90 kg/m.
- q_G : Masa del material transportado por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 246,79 kg/m.
- δ : Ángulo del tramo inclinado ($^\circ$). Su valor es de 12 $^\circ$.

Resistencias secundarias:**Ramal superior:**

$$F_{No} = (C - 1) F_{Ho} \quad (59)$$

Se obtiene un valor de **3912,31 N**.

Ramal inferior:

$$F_{Nu} = (C - 1) F_{Hu} \quad (60)$$

Se obtiene un valor de **284,69 N**.

Donde:

- C : Coeficiente de fricción que engloba a las resistencias secundarias. Su valor es 1,8727. Se obtiene mediante las ecuaciones 56 y 57 o mediante la gráfica de la Figura 4.
- F_{Ho} : Resistencias principales en el ramal superior (N). Su valor es de 4462,13 N.
- F_{Hu} : Resistencias principales en el ramal inferior (N). Su valor es de 324,70 N.

Resistencia de rozamiento:**Ramal superior:**

$$R_o = f L_T g (q_{Ro} + q_B + q_G) \quad (61)$$

Se obtiene un valor de **4560,74 N**.

Ramal inferior:

$$R_u = f L_T g (q_{Ru} + q_B) \quad (62)$$

Se obtiene un valor de **330,92 N**.

Donde:

- f : Coeficiente ficticio de rozamiento. Se obtiene de la Tabla 25. Su valor es 0,02.
- L_T : Longitud total de la trayectoria de la banda (m). Su valor es de 91,67 m.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2). Su valor es de $9,81 m/s^2$.

- q_{Ro} : Masa de los rodillos superiores por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 2,686 kg/m.
- q_{Ru} : Masa de los rodillos inferiores por unidad de longitud (kg/m).
- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 15,90 kg/m.
- q_G : Masa del material transportado por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 246,79 kg/m.

Resistencia por la inclinación:**Ramal superior:**

$$R_{sto} = H g (q_B + q_G) \quad (63)$$

Se obtiene un valor de **29946,64 N**.

Ramal inferior:

$$R_{stu} = H g q_B \quad (64)$$

Se obtiene un valor de **1888,91 N**.

Donde:

- q_G : Masa del material transportado por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 246,79 kg/m.
- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m). Su valor es de 15,90 kg/m.
- H : Altura entre ejes de tambores (m). Su valor es de 12,11 m.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²). Su valor es de 9,81 m/s².

Resistencia inercial:**Ramal superior:**

$$R_{ao} = L_T a (q_{Redo} + q_B + q_G) \quad (65)$$

$$q_{Redo} = 0,9 q_{Ro} \quad (66)$$

Se obtiene un valor de **29278,15 N**.

Ramal inferior:

$$R_{au} = L_T a (q_{Redu} + q_B) \quad (67)$$

$$q_{Redu} = 0,9 q_{Ru} \quad (68)$$

Se obtiene un valor de **2096,85 N**.

Donde:

- L_T : Longitud total de la trayectoria de la banda (m). Su valor es de 91,67 m.
- q_{Redo} : Masa reducida de los rodillos superiores por unidad de longitud (kg/m).
- q_{Redu} : Masa reducida de los rodillos inferiores por unidad de longitud (kg/m).
- q_{Ro} : Masa de los rodillos superiores por unidad de longitud (kg/m).
- q_{Ru} : Masa de los rodillos inferiores por unidad de longitud (kg/m).
- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m).
- q_G : Masa del material transportado por unidad de longitud (kg/m).

Con las ecuaciones 55 y 56 se obtienen los siguientes valores:

- Resistencia en el ramal superior en régimen permanente: **$R_{Po} = 43605,73 \text{ N}$** .
- Resistencia en el ramal inferior en régimen permanente: **$R_{Pu} = 3553,11 \text{ N}$** .
- Resistencia en el ramal superior en régimen transitorio: **$R_{Poa} = 68897,77 \text{ N}$** .
- Resistencia en el ramal inferior en régimen transitorio: **$R_{Pua} = 5751,81 \text{ N}$** .

1.9. POTENCIA DE ACCIONAMIENTO DE LA CINTA

Según López Roa, una vez que se conoce la fuerza tangencial en el tambor motriz en régimen permanente, puede calcularse la potencia en kW que se necesita en ese tambor para accionar la cinta. Esta potencia se obtiene mediante la ecuación 69, cuyo valor resulta ser de **106,84 kW**:

$$P = \frac{F_U v}{1000} \quad (69)$$

Donde:

- P : Potencia necesaria en el tambor motriz (kW).
- F_U : Fuerza tangencial en el tambor motriz (N). Su valor es 40776,83 N.
- v : Velocidad de la banda (m/s). Su valor es de 2,62 m/s.

La potencia mínima que necesita el motor para accionar el tambor depende de su eficiencia y de la eficiencia mecánica de su reductor de velocidad. Esta **potencia del motor** se calcula mediante la ecuación 70. Su valor resulta ser **124,95 kW**:

$$P_M = \frac{P}{\eta \varepsilon_M} \quad (70)$$

Donde:

- P_M : Potencia del motor (kW).
- P : Potencia necesaria en el tambor motriz (kW). Su valor es 106,84 W.
- η : Rendimiento del motor (%). Según diseño su valor es del 95%.
- ε_M : Eficiencia mecánica del reductor. Su valor de 0,90 se obtiene de la Tabla 27, correspondiente a un reductor de engranajes rectos mecanizados.

Tabla 27. Eficiencias mecánicas de diferentes mecanismos reductores. Fuente: Claudia Martínez Bronchal, “Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos”, 2018.

TIPO DE MECANISMO REDUCTOR	ε_M (%)
Poleas y bandas en V	94
Cadena de rodillos	93
Cadena de rodillos lubricados en aceite	95
Reductor de engranajes helicoidales, una reducción	95
Reductor de engranajes helicoidales, doble reducción	94
Reductor de engranajes helicoidales, triple reducción	93
Reductor de tornillo sinfín (relación 20:1)	90
Reductor de tornillo sinfín (relación 20:1 a 60:1)	70
Reductor de tornillo sinfín (relación 60:1 a 100:1)	50
Reductor de engranajes rectos (mecanizados)	90
Reductor de engranajes rectos (fundidos)	85

Calculada la potencia del motor se puede elegir el motor eléctrico más adecuado. La Tabla 28 obtenida de la norma HD 231 de CENELEC, muestra las potencias normalizadas para los motores eléctricos.

Tabla 28. Potencias normalizadas para los motores eléctricos. Fuente: Norma HD 231 de CENELEC.

POTENCIAS NORMALIZADAS PARA MOTORES ELÉCTRICOS (kW)											
4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75
90	110	132	160	200	250	315	355	400	500	560	630

Según dicha tabla, se emplearía un motor de 132 kW pero, por seguridad, se instalará un **motor de 160 kW** de potencia para accionar el tambor motriz de la cinta transportadora.

1.10. FUERZA TANGENCIAL EN ESTADO NO ESTACIONARIO, F_A

En un estado de funcionamiento no estacionario, como es el momento de la puesta en marcha de la cinta, la fuerza tangencial F_A debe cumplir unas condiciones particulares. Esto se debe a que en el momento del arranque de una banda transportadora es necesario una aportación de fuerza o de par suplementario respecto al régimen permanente, con el fin de acelerar todas las masas de la misma. En el momento del arranque, la aceleración debe mantenerse por debajo de un cierto valor para que la banda no patine, o en su defecto, deberá mantenerse por encima de un cierto valor para que la banda no forme bucles a la hora de frenar.

Las condiciones que se deben cumplir son:

- La fuerza transitoria F_A no debe ser mayor que aproximadamente de 1,3 a 1,5 veces la fuerza tangencial permanente F_U .
- Se tendrá en cuenta que la fuerza F_A actuará sobre la banda en un tiempo determinado.
- En la puesta en marcha, con una aceleración a_A y una fuerza F_A , se deberá conocer el valor límite de fricción entre el material y la banda, para determinar si existe deslizamiento de material sobre la misma.

En el momento del arranque las fuerzas tangenciales se verán incrementadas y, para determinar el valor de ese incremento se establece un factor K_A de puesta en marcha. Este factor depende del grupo motriz de la cinta, especialmente del tipo de acoplamiento instalado para la transmisión de movimiento entre el reductor y el tambor motriz.

1.10.1 ACOPLAMIENTOS RÍGIDOS

Son utilizados para instalaciones de poca potencia, en torno a los 30 kW, y motores de jaula de ardilla.

$$F_A = K_A \frac{P_n \eta 1000}{v} \quad (71)$$

Donde:

- F_A : Fuerza tangencial en el arranque (N).
- K_A : Factor de puesta en marcha. Su valor es 2.
- P_n : Potencia nominal del motor (kW). Su valor es de 124,95 kW.
- η : Rendimiento del conjunto motor.
- v : Velocidad de la banda transportadora (m/s).

Este tipo de acoplamiento no es adecuado pues la potencia del motor, de 160 kW, supera ampliamente el límite superior de estos acoplamientos.

1.10.2 ACOPLAMIENTOS FLEXIBLES

Con este tipo de acoplamiento se consigue reducir el par producido en el tambor motriz en el momento del arranque. En este caso la potencia del motor puede ser considerablemente más alta de lo necesario, y por ello la fuerza F_A debe ser menor o igual a 2,5 veces el valor de la fuerza tangencial en régimen permanente F_U .

$$F_A = F_U K_A \frac{P_n}{P_M} \quad (72)$$

Donde:

- F_A : Fuerza tangencial en el arranque (N).
- F_U : Fuerza tangencial en régimen permanente (N). Su valor es de 40776,83 N.
- K_A : Factor de puesta en marcha. Su valor es de 1,2 a 1,5. Se toma 1,5.
- P_n : Potencia nominal del motor (kW). Su valor es de 124,95 kW.
- P_M : Potencia requerida por el motor (kW). Su valor es de 160 kW.

Se obtiene una $F_A = 47767,60$ N, siendo el coeficiente que multiplica a F_U igual a 1,1797, inferior a 1,5, luego cumple con la condición inicial.

1.10.3 ACOPLAMIENTOS HIDRÁULICOS

Con este tipo de acoplamientos el par se puede regular con mayor facilidad gracias a que dispone de un circuito interno en el que se puede variar el volumen de aceite. Además, permite un estado de funcionamiento casi constante.

$$F_A = K_A F_U \quad (73)$$

Donde:

- F_A : Fuerza tangencial en el arranque (N).
- K_A : Factor de puesta en marcha. Su valor es 1,5.
- F_U : Fuerza tangencial en régimen permanente (N).

Se obtiene una $F_A = 61165,25$ N, lo que supone una fuerza excesiva para el arranque.

Se opta por la instalación de un **acoplamiento flexible**.

1.11. TENSIONES DE LA BANDA

Las tensiones que soporta la banda varían a lo largo de su longitud. La magnitud de estas tensiones depende de los siguientes factores:

- La disposición de la banda transportadora.
- El número y disposición de los tambores de accionamiento.
- Las características del accionamiento y de los frenos.
- El tipo y disposición de los dispositivos de tensado de la banda.
- La fase de funcionamiento de la cinta (arranque, marcha normal, frenado, etc.).

En función de estas tensiones y de los esfuerzos en los demás elementos de la instalación provocados por las sollicitaciones de la banda, los esfuerzos de tracción que debe soportar han de ser lo más pequeños posible. Para que la instalación funcione correctamente la banda tiene que cumplir con las siguientes dos condiciones:

- No deben producirse deslizamientos. Es decir, debe cumplirse la relación de Euler – Eytelwein, mostrada en la ecuación 74.

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\varphi} \quad (74)$$

Donde:

- T_1 : Tensión en la banda a la entrada del tambor motriz (N).
 - T_2 : Tensión de la banda a la salida del tambor motriz (N).
 - μ : Coeficiente de rozamiento entre el tambor motriz y la banda. Se obtiene de la Tabla del apartado “1.11.1 Cálculo del coeficiente de transmisión inferior” de este capítulo, siendo 0,4.
 - φ : Ángulo de abrazamiento de la banda sobre el tambor motriz (rad).
- La tensión debe ser la adecuada para impedir la aparición de flechas considerables entre las estaciones de rodillos portantes.

La Figura 5 muestra la distribución de fuerzas y tensiones a lo largo de la banda durante el contacto con el tambor motriz.

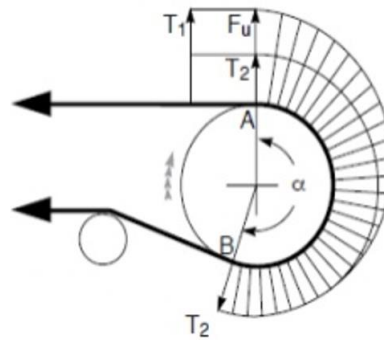


Figura 5. Distribución de tensiones en la banda. Fuente: Universidad del Atlántico "Máquinas de elevación y transporte".

A partir del diagrama de tensiones de la Figura 5 se obtiene la relación entre esas tensiones, mostrada en la ecuación 75:

$$F_U = T_1 - T_2 \quad (75)$$

Donde:

- F_U : Fuerza tangencial en el tambor motriz (N). Su valor es de 40776,83 N.
- T_1 : Tensión en la banda a la entrada del tambor motriz (N).
- T_2 : Tensión en la banda a la salida del tambor motriz (N).

De acuerdo con la relación de EULER - EYTELWEIN, y analizando la Figura 6, se puede observar que para un valor determinado de " T_2 " y siendo " μ " constante, el valor máximo de " T_1 " se alcanza para $T_1 = T_2 \cdot e^{\mu\alpha}$, siendo " α " el ángulo máximo de arrollamiento posible, pero si $T_1 \leq T_2 \cdot e^{\mu\alpha}$, entonces el ángulo de abrace para transmitir " T_1 " será menor, es decir $\alpha_1 \leq \alpha$. Por lo tanto, se debe limitar el ángulo de abrace en régimen normal de trabajo de forma que se tenga un $\alpha_1 \leq \alpha$, para poder prever los posibles incrementos del valor de " T_1 " en el arranque. Durante la reducción de la tensión " T_1 " necesaria para el arranque, se producirá una disminución del estiramiento de la banda.

Es decir, si desde el momento en el que se diseña la instalación no se tiene en cuenta que el ángulo de abrace debe ser más pequeño del máximo que permite la configuración, en el momento del arranque, la " T_1 " aumentará y esto producirá un problema de tensión excesiva en la banda.

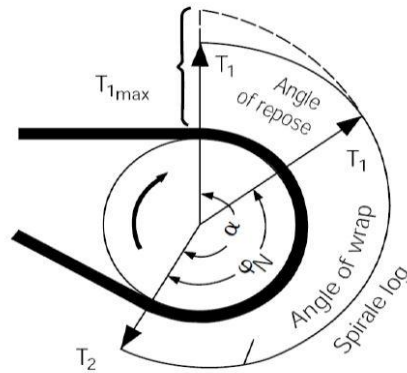


Figura 6. Variación de la tensión T_1 y del ángulo de abrazamiento desde el arranque hasta el régimen permanente. Fuente: Universidad del Atlántico "Máquinas de elevación y transporte".

1.11.1 COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN INFERIOR

Este coeficiente permite calcular la tensión a la salida del tambor, T_2 , a partir de la fuerza tangencial. Tiene en cuenta el rozamiento de la banda con el tambor motriz, así como el ángulo de abrazamiento existente entre ambos elementos. Su valor se obtiene operando las ecuaciones A y B, resultando en la ecuación 76:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\varphi} \quad (A) ; F_U = T_1 - T_2 \quad (B)$$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = e^{\mu\varphi} - 1 \rightarrow \frac{F_U}{T_2} = e^{\mu\varphi} - 1$$

Despejando T_2 :

$$T_2 = \frac{F_U}{(e^{\mu\varphi} - 1)} = C_{TI} F_U \quad (76)$$

Siendo:

$$C_{TI} = \frac{1}{(e^{\mu\varphi} - 1)} \quad (77)$$

Donde:

- C_{TI} : Coeficiente de transmisión inferior.
- μ : Coeficiente de rozamiento entre el tambor y la banda. Su valor es de 0,4.
- φ : Ángulo de abrazamiento de la banda sobre el tambor (rad).

Para hallar este coeficiente hay que tener en cuenta el coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor motriz, y el ángulo de abrazamiento entre esos dos elementos.

El coeficiente de rozamiento se determina con la Tabla 29. Debido a que se decide operar con tambores con recubrimiento, y la condición de trabajo es seca, este coeficiente tiene como valor 0,4.

Tabla 29. Coeficiente de rozamiento entre banda y tambor. Fuente: López Roa, “Cintas transportadoras”, 2002.

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ENTRE LA BANDA Y EL TAMBOR		
Superficie del tambor	Sin recubrimiento	Con recubrimiento
Alta adherencia	0,35	0,45
Seca	0,35	0,4
Húmeda	0,2	0,35
Mojada	0,1	0,3

Determinado el coeficiente μ solo queda indicar el ángulo de abrazamiento entre la banda y el tambor para hallar el coeficiente de transmisión inferior. Hay que calcular las tensiones con cada uno de los ángulos más usuales para ver cuál es la opción más adecuada. En la Tabla 30 se remarcan en verde todos los coeficientes de transmisión correspondientes a $\mu = 0,4$ para todos los ángulos de abrazamiento.

Tabla 30. Coeficiente de transmisión inferior. López Roa, “Cintas transportadoras”, 2002.

VALORES DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN INFERIOR, C_{π}									
Ángulo de arrollamiento	Coeficiente de fricción, μ								
α°	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
180	2,7	1,66	1,15	0,83	0,64	0,5	0,4	0,32	0,26
185	2,62	1,6	1,1	0,8	0,61	0,48	0,38	0,3	0,25
190	2,55	1,55	1,06	0,77	0,59	0,46	0,36	0,29	0,23
195	2,47	1,5	1,02	0,74	0,56	0,44	0,34	0,28	0,22
200	2,41	1,45	0,99	0,71	0,54	0,42	0,33	0,26	0,21
205	2,32	1,41	0,96	0,69	0,52	0,4	0,31	0,25	0,2
210	2,28	1,36	0,93	0,67	0,5	0,38	0,3	0,24	0,19

Más adelante, en el apartado “1.11.3 Secuencia de cálculo de las tensiones” se detalla que el valor del coeficiente de transmisión inferior para esta cinta es de **0,30**.

1.11.2 COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN SUPERIOR

Este coeficiente es similar al anterior solo que en este caso permite calcular la tensión a la entrada del tambor, T_1 , a partir de la fuerza tangencial. De igual forma, tiene en cuenta el rozamiento entre el

tambor y la banda, así como el ángulo de abrazamiento entre los dos elementos. A partir de la ecuación 61 se llega a la ecuación 78, obteniendo un coeficiente de transmisión superior de valor:

$$T_2 = \frac{F_U}{(e^{\mu\varphi} - 1)} = C_{TI} F_U \quad (78)$$

$$F_U = T_2(e^{\mu\varphi} - 1) \rightarrow \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{e^{\mu\varphi} - 1}{e^{\mu\varphi}} = \frac{F_U}{T_1}$$

Despejando T_1 :

$$T_1 = \frac{F_U e^{\mu\varphi}}{e^{\mu\varphi} - 1} = C_{TS} F_U \quad (79)$$

Siendo:

$$C_{TS} = \frac{e^{\mu\varphi}}{e^{\mu\varphi} - 1} \quad (80)$$

Donde:

- C_{TS} : Coeficiente de transmisión superior.
- μ : Coeficiente de rozamiento entre el tambor y la banda. Su valor es de 0,4.
- φ : Ángulo de abrazamiento de la banda sobre el tambor (rad).

En el apartado siguiente, “1.11.3. Secuencia de cálculo de las tensiones”, se detalla que el valor del coeficiente de transmisión superior para esta cinta es de **1,3001**.

1.11.3 SECUENCIA DE CÁLCULO DE LAS TENSIONES

Para el cálculo de todas las tensiones de la banda en régimen permanente hay que seguir un orden, comenzando por determinar el valor de la tensión a la salida del tambor motriz, T_2 .

Con las ecuaciones 81 y 82 se obtienen las tensiones T_2 y T_1 respectivamente:

$$T_2 = F_U C_{TI} \quad (81)$$

$$T_1 = F_U C_{TS} \quad (82)$$

Donde:

- T_2 : Tensión a la salida del tambor motriz (N).
- T_1 : Tensión a la entrada del tambor motriz (N).

- F_U : Fuerza tangencial en el tambor motriz (N). Su valor es de 40776,83 N.
- C_{TI} : Coeficiente de transmisión inferior.
- C_{TS} : Coeficiente de transmisión superior.

La Tabla 31 muestra los valores de T_1 y T_2 para los diferentes valores que toman los coeficientes C_{TI} y C_{TS} , calculados con las ecuaciones 81 y 82, para cada ángulo de abrazamiento:

Tabla 31. Valores de las tensiones T_1 y T_2 .

φ	C_{TI}	C_{TS}	T_2	T_1
180	0,40	1,3978	16425,48	57489,1902
185	0,38	1,3790	15604,21	56667,9161
190	0,36	1,3613	14782,93	55846,6419
195	0,34	1,3447	13961,66	55025,3678
200	0,33	1,3289	13551,02	54614,7307
205	0,31	1,3141	12729,75	53793,46
210	0,30	1,3001	12319,11	53382,82

Con esta tabla se observa que con un ángulo de abrazamiento mayor se obtiene una tensión T_1 menor, o lo que es lo mismo, una tensión máxima menor. Por tanto, tal como se señala en verde, se opta por una disposición de tambores tal que permita a la banda un ángulo de abrazamiento de 210° sobre los tambores motriz y de retorno, determinándose a su vez los valores correspondientes para los coeficientes C_{TI} y C_{TS} .

Por tanto, se obtienen unos valores de $T_1 = 53009,88 \text{ N}$ y $T_2 = 12233,05 \text{ N}$.

A continuación, se calculan las tensiones T_3 y T_4 , como se indica en las ecuaciones 83 y 84:

$$T_3 = T_2 + R_u - R_{stu} \quad (83)$$

$$T_4 = T_3 \quad (84)$$

Donde:

- T_3 : Tensión a la entrada del tambor de retorno (N).
- T_4 : Tensión a la salida del tambor de retorno (N).
- R_u : Resistencia por rozamiento en el ramal inferior (N). Su valor es de 330,92 N.
- R_{stu} : Resistencia por la inclinación en el ramal inferior (N). Su valor es de 1888,91 N.

Se obtienen unos valores de $T_3 = T_4 = 10675,06 \text{ N}$.

1.11.4 TENSIONES EN EL ARRANQUE

Para calcular la tensión en el arranque hay que partir de la fuerza tangencial en el tambor motriz en régimen transitorio. Como ya se explicó en el apartado “1.10. Fuerza tangencial en estado no estacionario, F_A ”, esta fuerza se determina según el acoplamiento instalado entre el sistema motriz y el tambor de la cinta. En este caso se instala un acoplamiento flexible, lo que proporciona una fuerza F_A de 47767,60 N, determinada con la ecuación 72.

Esta fuerza de arranque F_A implica unas tensiones de arranque T_{1A} y T_{2A} superiores a las tensiones T_1 y T_2 del estado estacionario. Debido a esto, el coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor debe aumentarse para evitar el deslizamiento en el arranque. Este coeficiente de rozamiento en el arranque se obtiene mediante la ecuación 85, siendo su valor de 0,45:

$$\mu_A = \mu + 0,05 \quad (85)$$

Donde:

- μ_A : Coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor en el arranque.
- μ : Coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor en régimen permanente. Su valor es 0,4.

Finalmente, del mismo modo que para el estado estacionario, se calculan las tensiones y los coeficientes de transmisión para el estado transitorio, con las ecuaciones 86, 87, 88 y 89:

$$C_{TSA} = \frac{e^{\mu_A \varphi}}{e^{\mu_A \varphi} - 1} \quad (86)$$

$$C_{TIA} = \frac{1}{(e^{\mu_A \varphi} - 1)} \quad (87)$$

$$T_{1A} = C_{TSA} F_A \quad (88)$$

$$T_{2A} = C_{TIA} F_A \quad (89)$$

Donde:

- C_{TSA} : Coeficiente de transmisión superior en el arranque.
- C_{TIA} : Coeficiente de transmisión inferior en el arranque.
- T_{1A} : Tensión a la entrada del tambor en el arranque (N).
- T_{2A} : Tensión a la salida del tambor en el arranque (N).

- F_A : Fuerza tangencial en el tambor en el arranque (N). Su valor es 47767,60 N.
- μ_A : Coeficiente de rozamiento entre el tambor y la banda. Su valor es 0,45.
- φ : Ángulo de abrazamiento de la banda sobre el tambor (rad). Su valor es 3,665 rad.

Por tanto, se obtienen los siguientes valores:

$$C_{TSA} = 0,2379, C_{TIA} = 1,2379, T_{1A} = 59966,24 \text{ N y } T_{2A} = 11524,16 \text{ N.}$$

Siguiendo el mismo orden de cálculo que el descrito en el apartado “1.11.3. Secuencia de cálculo de las tensiones” se obtiene el valor de las tensiones restantes.

$$T_{3A} = T_{2A} + R_u - R_{stu} + R_{au} \quad (90)$$

$$T_{4A} = T_{3A} \quad (91)$$

Donde:

- T_{2A} : Tensión a la salida del tambor motriz durante el arranque (N). Su valor es de 11363,70 N.
- T_{3A} : Tensión a la entrada del tambor de retorno durante el arranque (N).
- T_{4A} : Tensión a la salida del tambor de retorno durante el arranque (N).
- R_u : Resistencia de rozamiento en el ramal inferior (N). Su valor es de 407,34 N.
- R_{stu} : Resistencia por la inclinación en el ramal inferior (N). Su valor es de 1888,91 N.
- R_{au} : Resistencia inercial en el arranque en el ramal inferior (N). Su valor es de 2096,85 N.

De las ecuaciones 90 y 91 se obtienen unos valores de $T_{3A} = T_{4A} = 11902,56 \text{ N}$.

1.11.5 TENSIÓN MÍNIMA

A veces puede suceder que la tensión T_2 , aun siendo lo suficientemente elevada como para lograr la adherencia de la banda al tambor motriz, sea insuficiente para evitar la flexión excesiva de la banda entre los rodillos, pudiéndose provocar así el derrame del material. Para evitar esta flecha excesiva se

debe procurar que en ningún punto de la banda aparezca una tensión inferior a la tensión mínima T_0 . Esta tensión resulta ser de **37093,28 N** según la ecuación 92.

$$T_0 = \frac{g(q_b + q_g)l_o}{8h} \quad (92)$$

Donde:

- T_0 : Tensión mínima de la banda (N).
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²). Su valor es de 9,81 m/s².
- q_b : Peso de la banda (kg/m). Su valor es de 15,90 kg/m
- q_g : Peso del material (kg/m). Su valor es de 236,18 kg/m.
- l_o : Distancia entre estaciones de rodillos superiores (m). Su valor es de 1,2m.
- h : Flecha admisible de la banda. Se considera del 1%.

Se debe cumplir que la tensión a la entrada del tambor de retorno, T_4 , sea mayor o igual a la tensión mínima, tal y como se expresa en la ecuación 93. Si esto no se cumple significa que la banda no está lo suficientemente tensa como para evitar que se produzcan derrames de material durante el transporte. Para solucionar esto, se calcula el incremento de tensión que deben tener todas las tensiones para evitar que esto ocurra, como se muestra en la ecuación 94:

$$T_4 \geq T_0 \quad (93)$$

$$\Delta T = T_0 - T_4 \quad (94)$$

Donde:

- T_0 : Tensión mínima de la banda (N).
- T_4 : Tensión a la entrada del tambor de retorno (N). Su valor es de 10675,06 N.
- ΔT : Incremento de tensión que deberán tener todas las tensiones por igual para evitar los derrames de material (N).

En este caso, la tensión mínima T_0 y la tensión T_4 resultan ser de **37093,28 N** y **10675,06 N** respectivamente. Por ello, no se cumple la condición de la ecuación 93 y se calcula el incremento de tensión ΔT , que resulta ser de **26418,22 N**.

Obtenido el incremento de tensión, se suma a todas las tensiones dicho incremento, quedando así:

$$T_1 = 79418,10 \text{ N}, T_2 = 38651,17 \text{ N}, T_3 = T_4 = 37903,28 \text{ N}$$

$$T_{1A} = 85549,53 \text{ N}, T_{2A} = 37781,92 \text{ N}, T_{3A} = T_{4A} = 38320,58 \text{ N}$$

Al haber aumentado la tensión máxima T_{1A} , se recalcula de nuevo la resistencia a tracción de la banda con las ecuaciones 30 y 31 del apartado “1.6.5. Comprobación de la resistencia a tracción”, y se observa que se obtiene un valor de $N' = 855,50 \text{ N/m}$. Por tanto, la banda que resiste esa tensión es del tipo **1000 EP 1000/3 4,5+3 Y**, según la Tabla 25 de ese mismo apartado.

1.11.6 Tensión previa. Sistema tensor

Las tensiones calculadas no son las definitivas. Son válidas para el caso de cintas transportadoras de pequeñas longitudes. Para el caso de cintas de gran longitud es necesaria la existencia de una tensión previa que mantenga la adherencia de la banda sobre los rodillos y tambores para lograr su movimiento. Esta tensión previa se logra mediante la instalación de un dispositivo tensor, que puede ser fijo o automático.

Corrección con dispositivo tensor fijo.

En este caso, la longitud de la banda entre los ejes de los tambores no varía. Debido a esto, cuando se presenten aumentos de carga o un aumento de la tensión por el arranque, la banda dependerá de su límite elástico para compensar esa variación de tensión. Es decir, con este tipo de tensor la longitud de la banda no varía, pero sus tensiones sí, por lo que se debe cumplir que la suma de las tensiones en régimen permanente ha de ser igual a la suma de las tensiones en el arranque, que resultará ser una constante, tal y como se ve en la ecuación 95:

$$\sum T_{\text{permanente}} = \sum T_{\text{arranque}} = CTE \quad (95)$$

Donde:

- $T_{\text{permanente}}$: Tensiones en régimen permanente (N).
- T_{arranque} : Tensiones en el arranque (N).

En este caso la ubicación del tensor no influye en el cálculo de las tensiones, pudiendo situarse en el extremo de descarga (cabeza) o de carga (cola).

Corrección con dispositivo tensor móvil.

El tensor móvil es el dispositivo más común. En este caso la longitud de la banda varía durante el cambio del régimen transitorio en el arranque al permanente. Cuando la banda sufre incrementos de longitud, el peso del dispositivo tensor añade tensión a la banda haciendo que ésta se ajuste conforme

a ese incremento. Por tanto, las tensiones permanecerán constantes mientras que la longitud de la banda varía.

Para calcular la tensión y el peso del contrapeso se ha de tener en cuenta el arranque y la parada de la banda, indicando que la tensión del contrapeso deberá ser superior a las tensiones de la banda en régimen permanente.

La posición del dispositivo tensor influye directamente en los valores de las tensiones de la banda, así como en el cálculo de las mismas. La Figura 7 muestra las diferentes posiciones del tensor.

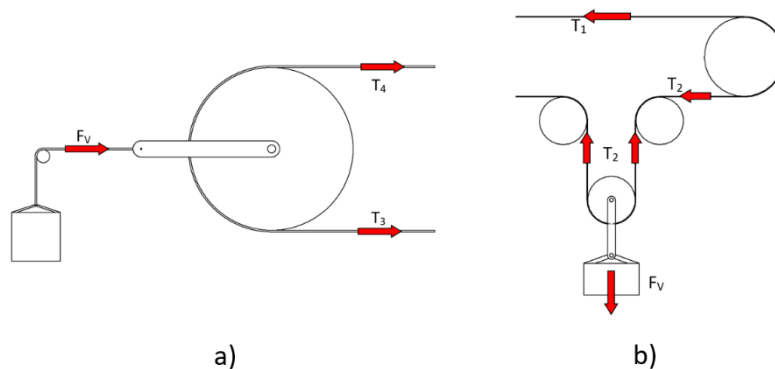


Figura 7. a) Dispositivo tensor móvil en el tambor de cola. b) Dispositivo tensor móvil en el tambor de cabeza. Fuente: elaboración propia.

Si el contrapeso está situado en la zona de carga o cola, la tensión del dispositivo, F_v , es el resultado de la suma de las tensiones en el tambor de retorno, como se muestra en la fórmula 96:

$$T_P = T_3 + T_4 \quad (96)$$

Donde:

- T_P : Tensión previa del dispositivo tensor (N).
- T_3 : Tensión a la entrada del tambor de retorno en régimen permanente (N).
- T_4 : Tensión a la salida del tambor de retorno en régimen permanente (N).

Por otro lado, si el contrapeso está situado en la zona de descarga o cabeza, su tensión resulta ser el doble de la tensión a la salida del tambor motriz, como se muestra en la ecuación 97:

$$T_P = 2 T_2 \quad (97)$$

Donde:

- T_P : Tensión previa del dispositivo tensor (N).

- T_2 : Tensión a la salida del tambor motriz en régimen permanente (N). Su valor es de 38651,27 N.

Por razones de diseño, se opta por instalar el sistema tensor en la zona de descarga, próximo al tambor motriz. Por tanto, las ecuaciones que se tendrán en cuenta será la 97, obteniéndose un valor de tensión en el contrapeso de **77302,54 N**.

Según la ecuación 98 se obtiene el peso en kg, con un valor de **7879,97 kg**, con el que hay que contar en el sistema tensor para lograr la tensión previa necesaria:

$$P_{CP} = \frac{T_P}{g} \quad (98)$$

Donde:

- T_P : Tensión previa del sistema tensor (N). Su valor es de 77302,54 N.
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2). Su valor es de 9,81 m/s^2 .

1.12. RODILLOS Y TAMBORES

Es importante realizar una correcta selección de los rodillos portantes, pues influyen directamente en la capacidad de transporte. Es común que los fabricantes faciliten información sobre los rodillos en función del tipo de instalación. En este caso, se ha empleado el catálogo del fabricante de rodillos ROTRANS para la selección de los tambores y los rodillos.

1.12.1 TAMBORES

Los tambores tienen la función de cambiar la dirección de la banda, ya sea para iniciar su tramo de retorno como para desviarla hacia puntos de descarga o tensores. Los diámetros de los tambores están normalizados por las normas DIN 22102 y DIN 22131, tal y como se refleja en la Tabla 32. En verde se señala el tamaño de tambor correspondiente al tipo de banda.

Tabla 32. Diámetros de los tambores normalizados. Fuente: DIN 22102.

DIÁMETRO DE LOS TAMBORES (mm)						
Carga de rotura de la banda (N/mm)	Bandas reforzadas con productos textiles (DIN 22102)			Bandas reforzadas con elementos metálicos (DIN 22131)		
	Tambor motriz	Tambor loco	Tambor desviador	Tambor motriz	Tambor loco	Tambor desviador
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315
1250	1250	1000	800	800	630	400
1600	1400	1250	1000	1000	800	500
2000	-	-	-	1000	800	500
2500	-	-	-	1250	1000	630
3150	-	-	-	1250	1000	630

El ancho de los tambores se obtiene de la Tabla 33, igualmente formada por valores normalizados en función del ancho de banda. En verde se señala el ancho de los tambores adecuado a una banda de 1000 mm de ancho.

Tabla 33. Anchos de los tambores normalizados. Fuente: DIN 22102.

ANCHO DE LOS TAMBORES (mm)										
B (mm)	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	1800	2200
b2 (mm)	500	600	750	950	1150	1400	1600	1800	2000	2200

Finalmente se elige que los tambores operen con recubrimiento, en un ambiente de trabajo seco.

1.12.2 RODILLOS

Según la información proporcionada por el fabricante ROTRANS, los rodillos más adecuados para esta instalación son los que cuentan con las siguientes dimensiones:

- Diámetro de 89 mm.
- Longitud de 380 mm.

1.12.3 LONGITUDES DE TRANSICIÓN

La longitud de transición es el espacio en el que la banda cambia de una forma plana al salir del tambor, a la disposición en artesa, como se ve en la Figura 8. Es decir, es la distancia entre el eje del tambor y la primera estación de rodillos. En este tramo los bordes de la banda sufren un alargamiento adicional que afecta a su región central.

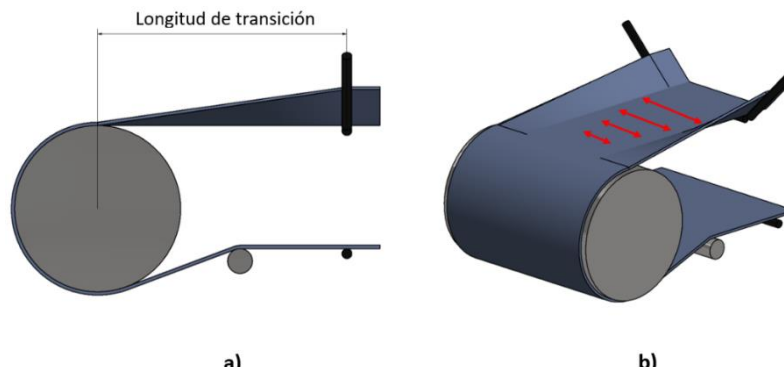


Figura 8. a) Longitud de transición. b) Diagrama de alargamientos. Fuente: elaboración propia.

Hay que prestar atención a las zonas de transición correspondientes al tambor motriz puesto que las tensiones en los bordes pueden ser superiores a las toleradas, lo que puede derivar en alargamientos permanentes que afecten al funcionamiento de la banda y la aparición de grietas que den origen a roturas. Por otro lado, en la zona de transición del tambor de reenvío las tensiones son más pequeñas, con lo que no existe un alargamiento excesivo, aunque la diferencia de tensiones puede provocar la aparición de bucles en el centro de la banda.

Han de calcularse las distancias a las que se deben colocar los rodillos principales respecto al tambor motriz para evitar estos problemas. En ocasiones, la transición puede hacerse gradual, instalando artesas con diferentes ángulos de forma progresiva hasta que la banda cambia completamente de forma. La ecuación 99 muestra cómo calcular esta longitud de transición:

$$L_t = x' s \sin \lambda \quad (99)$$

Donde:

- x' : Factor de carcasa. De la Tabla 34 se obtiene un valor de 8.
- s : Porción de la banda en contacto con los rodillos inclinados.
- λ : Ángulo de artesa (°). Su valor es de 30°.

Tabla 34. Factor de carcasa.

FACTOR DE CARCASA, x	
Bandas textiles	8
Bandas con cables de acero	16

Recordando la ecuación 100, la porción de banda en contacto con los rodillos inclinados es:

$$s = 0,5 (B - l_3) \quad (100)$$

Donde:

- B : Ancho de banda (m). Su valor es de 1 m.
- l_3 : Longitud de los rodillos portantes (m). Su valor es de 0,380 m.

El valor de s es de 0,31 m, y por ello, el valor de la **longitud de transición** según la ecuación 99 es de **2,45 m**.

1.12.4 SEPARACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RODILLOS

La distancia entre las estaciones de rodillos influye en la flecha que puede aparecer en el centro de los vanos de la banda debida a su propio peso y al del material. Flechas elevadas suponen un transporte incorrecto del material, además de una pérdida de resistencia a tracción en la banda, necesaria para el correcto funcionamiento de la cinta. En su libro, López Roa muestra la Tabla 35, donde refleja las distancias entre las estaciones de rodillos superiores más recomendadas en función del ancho de banda y del material transportado. En verde se muestra la distancia apropiada para este caso.

Tabla 35. Distancias entre estaciones de rodillos superiores. López Roa, "Cintas transportadoras", 2002.

DISTANCIAS ENTRE ESTACIONES DE RODILLOS (m)					
Ancho de banda (mm)	Pesos específicos (kg/m ³)				
	0,5 – 0,7 Productos agrícolas	0,8 – 1,0 Carbones	1,1 – 1,6 Calizas y grava	1,8 – 2,2 Arenas	2,3 – 3,2 Minerales
500	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
650	1,5	1,4	1,2	1,2	1,2
800	1,5	1,4	1,2	1,2	1,2
1000	1,4	1,2	1,2	1	1
1200	1,2	1,2	1,2	1	1
1400	1,2	1	1	1	1
1600	1,2	1	1	1	0,8
1800	1	1	0,8	0,8	0,8
2000	1	1	0,8	0,8	0,8

Según López Roa, en España, la distancia entre estaciones de rodillos inferiores normalmente es de 3 m para las cintas transportadoras pequeñas y medianas, y de 4 m para las cintas largas. Por tanto, la distancia entre las estaciones de rodillos superiores es de **1,2 m** y la distancia entre las estaciones de rodillos inferiores es de **3 m**. Estas distancias son las máximas que puede haber entre los rodillos, pero durante el diseño de la estructura de la cinta estas distancias pueden variar, siempre hacia valores inferiores.

1.13. SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz está compuesto por el motor y el reductor de velocidad. Para seleccionar ambos se debe partir del par motor que necesitará transmitir el sistema a la cinta.

Según el fabricante NORD DRIVE SYSTEMS, el par motor que aparece en el tambor motriz por la transmisión de movimiento del motor eléctrico se calcula mediante la ecuación 101. Su valor resulta ser de Nm:

$$M_m = 9550 \frac{P_M}{n} \quad (101)$$

Donde:

- M_m : Par motor en el tambor motriz (kNm).
- P_M : Potencia del motor eléctrico (kW). Su valor es de 160 kW.
- n : Velocidad del motor (rpm). Su valor se obtiene de la ecuación 100.

La velocidad del sistema motriz se calcula con la ecuación 102:

$$n = \frac{60 v}{\pi D} \quad (102)$$

Donde:

- n : Velocidad del tambor (rev/min).
- v : Velocidad de la banda (m/s). Su valor es de 2,62 m/s.
- D : Diámetro del tambor motriz (m). Su valor es de 0,63 m.

De la ecuación 102 se obtiene una velocidad de rotación de **50 rpm** aproximadamente.

Con la velocidad calculada, se obtiene un par motor según la ecuación 101 de valor 30,560 kNm.

Según el fabricante NORD DRIVE SYSTEMS, los motores más frecuentes con estas características son los de 4 polos, que alcanzan velocidades de **1500 rpm**, siendo el adecuado el motor **SIEMENS 1CV3314B**, cuyos datos técnicos más relevantes son los reflejados en la Figura 9:

U	Δ/Y	f	P	P	I	n	M	NOM. EFF at ... load [%]			Power factor at ... load			I _x /I _N	M _x /M _N	M _x /M _N	IE-CL
[V]		[Hz]	[kW]	[hp]	[A]	[1/min]	[Nm]	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	I ₁ /I _N	T ₁ /T _N	T ₂ /T _N	
400	Δ	50	160.00	- / -	275.00	1490	1025.0	95.8	96.1	96.1	0.87	0.85	0.77	7.3	2.9	3.1	IE3
690	Y	50	160.00	- / -	161.00	1490	1025.0	95.8	96.1	96.1	0.87	0.85	0.77	7.3	2.9	3.1	IE3
460	Δ	60	184.00	- / -	275.00	1788	983.0	96.2	96.5	96.3	0.88	0.86	0.79	7.2	3.0	2.9	IE3
460	Δ	60	160.00	- / -	240.00	1791	853.0	96.2	96.2	95.7	0.87	0.84	0.75	8.4	3.3	3.3	IE3
IM B3 / IM 1001			FS 315 L		990 kg	IP55		IEC/EN 60034			IEC, DIN, ISO, VDE, EN						

Figura 9. Tabla de datos del motor eléctrico SIEMENS 1CV3314B. Fuente: NORD DRIVE SYSTEMS.

Para determinar el reductor de velocidad hay que comenzar calculando la relación de reducción, mostrada en la ecuación 103:

$$i = \frac{n_M}{n} \quad (103)$$

Donde:

- n_M : Velocidad de rotación del motor (rpm). Su valor es de 1500 rpm.
- n : Velocidad de rotación del tambor motriz (rpm). Su valor es de 50 rpm.

Se obtiene una relación de reducción de **30**.

Según NORD DRIVE SYSTEMS, buscando en las tablas de pares nominales del fabricante y entrando con la reducción $i=30$ aproximadamente, el modelo más pequeño que pueda transmitir un par superior sería el SK9307, que puede transmitir 41 kNm.

El tamaño del reductor a elegir depende de la aplicación. Un trabajo fuerte (un molino de martillos, por ejemplo) necesitará un factor de servicio alto, mientras que un trabajo suave no necesitará sobredimensionar en exceso.

El mismo fabricante supone que este caso se trata de un trabajo suave, y selecciona un reductor de velocidad del tipo **SK9307V IEC315-315LP/4 TF**, con una relación de reducción de $i=31.26$.

ANEXO II. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA CINTA TRANSPORTADORA

ÍNDICE DEL ANEXO II

2.1. INTRODUCCIÓN	65
2.2. GEOMETRÍA DE LA CINTA TRANSPORTADORA	65
2.3. DISEÑO EN ROBOT	66
2.3.1 MODELO GEOMÉTRICO	66
2.3.2 APOYOS	74
2.3.3 CARGAS	75
2.3.4 PERFILES	87

2.1. INTRODUCCIÓN

La estructura de la cinta es el conjunto de elementos y uniones que tiene como objetivo sostener los componentes mecánicos destinados a cumplir con la función industrial de transportar material por la que son diseñados y emplazados.

Esta estructura está formada por diferentes perfiles de acero unidos entre sí mediante uniones atornilladas o soldadas, que son dimensionados para soportar correctamente los esfuerzos de tracción, compresión y torsión, derivados de las diferentes cargas.

2.2. GEOMETRÍA DE LA CINTA TRANSPORTADORA

Con las longitudes obtenidas en el apartado “1.1. Características geométricas”, se puede esbozar la trayectoria de la cinta, como se ve en la Figura 10:

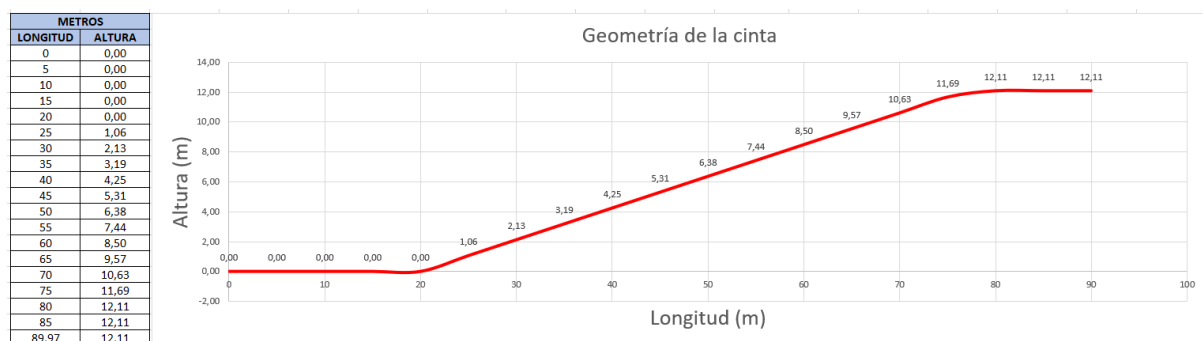


Figura 10. Aproximación de la geometría de la cinta.

Además de obtener esta idea principal de la geometría de la cinta, hay que tener en cuenta las curvas derivadas de los cambios de pendiente. Gracias a las fórmulas 4 y 10 del apartado “8.1. Características geométricas”, obtenemos los valores de los radios de las dos curvas, sin embargo, para facilitar el diseño, se decide formar las curvas con segmentos rectos que vayan aumentando o disminuyendo la pendiente gradualmente. Por tanto, la estructura se divide en los siguientes tramos:

- **Tramo horizontal inferior, o tramo de carga:**
 - Longitud: 5,72 m
- **Tramo de la curva cóncava:**
 - Radio: 129,936 m
 - Segmento 1:
 - Longitud: 7,05 m
 - Inclinación: 3°
 - Segmento 2:
 - Longitud: 7,05 m

- Inclinación: 6°
- Segmento 3:
 - Longitud: 7,05 m
 - Inclinación: 9°
- Segmento 4:
 - Longitud: 7,05 m
 - Inclinación 12°
- **Tramo inclinado:**
 - Longitud: 49,75 m
 - Inclinación: 12°
- **Curva convexa:**
 - Radio: 19,375 m
 - Segmento 5:
 - Longitud: 1,69 m
 - Inclinación: 8°
 - Segmento 6:
 - Longitud: 2,10 m
 - Inclinación: 4°
 - Segmento 7:
 - Longitud: 1,69 m
 - Inclinación: 0°
- **Tramo horizontal superior, o tramo de descarga:**
 - Longitud: 10,19 m

2.3. DISEÑO EN ROBOT

Con el programa Robot Structural Analysis se dibujará un modelo geométrico que se aproximará considerablemente a la estructura final de la cinta transportadora, para después simular las cargas y sus combinaciones. Finalmente se dimensionarán los perfiles según la combinación más crítica.

2.3.1 MODELO GEOMÉTRICO

Para comenzar a dimensionar la celosía de la cinta, hay que tener en cuenta los elementos que va a soportar. Debido a que la banda tiene un ancho de 1000 mm se escoge una terna para los rodillos de apoyo superiores con una base de 1350 mm de longitud, por lo que la distancia horizontal entre los cordones será de 1350 mm. Esta longitud será la que corresponda también a las correas horizontales que unen la celosía de forma transversal.

Para la altura de la celosía se tiene en cuenta el tamaño de los tambores. Los más grandes son de 1000 mm de diámetro. Se empieza suponiendo que los tambores de cola y cabeza se apoyarán en el centro de la altura de la celosía. Sin embargo, debido a que se decide que estos tambores tienen que compartir el plano tangente con los rodillos horizontales de las ternas superiores, se deben apoyar a 239,72 mm desde el cordón superior. Por tanto, se cree óptimo que la altura de la celosía sea de 1000 mm.

Con las dimensiones básicas de la celosía, se comienza a dibujar de tal forma que la geometría real se adapte lo máximo posible a la calculada en el apartado *“1.1. Características geométricas”* del *“Anexo I. Cálculo de los parámetros de la cinta transportadora”* y que siga aproximadamente la trayectoria del apartado *“2.1. Geometría de la cinta transportadora”*. Los cordones tendrán la longitud del tramo correspondiente

Para simplificar los cálculos se decide que los rodillos portantes deberán atornillarse en los nudos de la celosía, por lo que, según el apartado *“1.12.4. Separación de las estaciones de rodillos”* del *“Anexo I”*, puede determinarse que los montantes deberán estar separados un máximo de 1200 mm.

Sobre los puntos de unión entre tramos de la celosía no irán emplazados ninguno de los rodillos de apoyo, puesto que complicaría la unión atornillada. Por esta razón, en los puntos de unión entre tramos no se colocarán cargas para el cálculo de la estructura. En Inventor, estas secciones de unión se modelan en todos los tramos de la cinta como un marco formado por 4 perfiles rectangulares de 140x25 mm de sección.

Por ejemplo, uno de los tramos horizontales de la zona de descarga queda representado como se muestra en la Figura 11, donde se ve que dicho tramo mide 4,80 m, con tres paneles interiores separados 1,2 m y dos paneles exteriores cuya longitud varía en función de lo que requiera la geometría de la cinta. En este caso ambos paneles son de 0,60 metros:

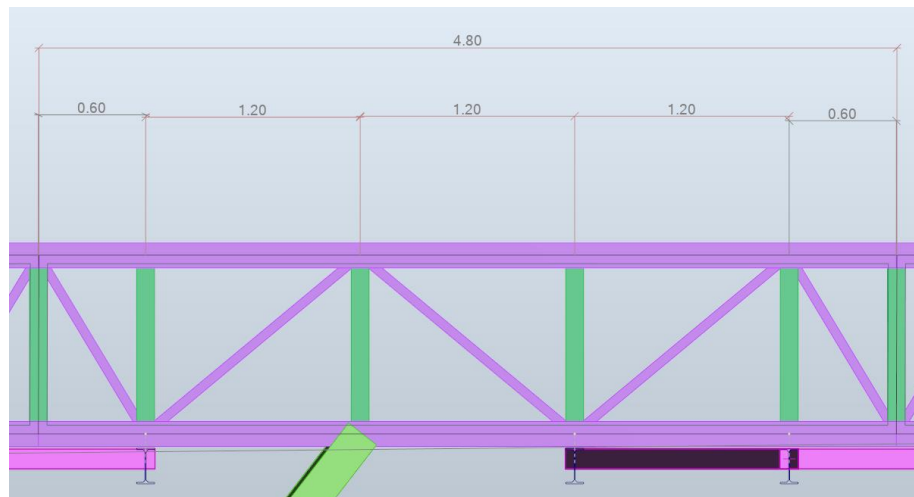


Figura 11. Dimensiones de un tramo de la celosía dibujado en Robot Structural Analysis. Medidas en metros.

Obtenidas las dimensiones de los cordones, los montantes y las correas se van dibujando todos los tramos, incluyendo los 7 que conforman las 2 curvas.

Respecto a éstos últimos tramos, los cordones superior e inferior tendrán longitudes diferentes con el objetivo de garantizar una inclinación progresiva de 3° por tramo en la curva cóncava, y una inclinación regresiva de 4° por tramo en la curva convexa. La Figura 12 muestra uno de los cuatro tramos de la curva cóncava, donde se aprecia que el cordón superior mide 7 metros y el inferior 7,05 metros. De la misma forma que en los tramos rectos, el espaciado entre montantes es de 1,2 metros. Los paneles de unión de los tramos de la curva cóncava miden 0,48 metros (izquierdo en la Figura 12) y 0,52 metros (derecho en la Figura 12).

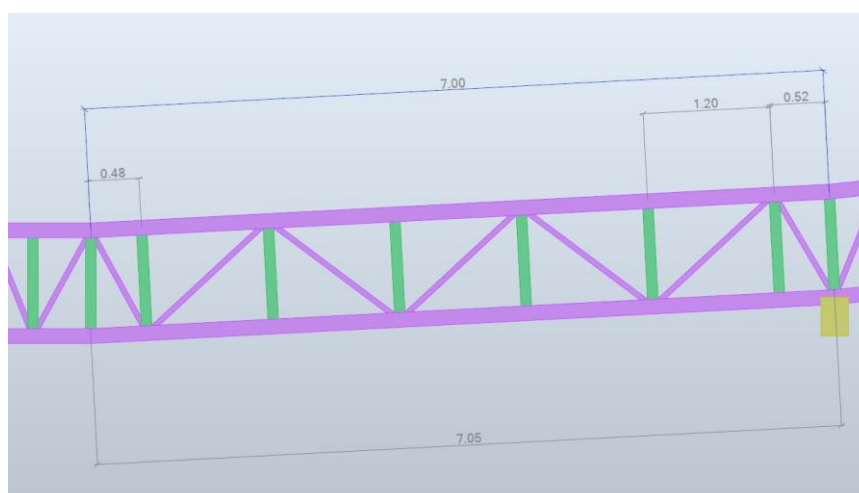


Figura 12. Dimensiones de un tramo de la curva cóncava dibujado con Robot Structural Analysis. Medidas en metros.

Para determinar el número, posición y geometría de los soportes, hay que tener en cuenta las cargas que soporta la celosía. Estas cargas vienen detalladas en el apartado “2.2.2. Cargas”.

Por tanto, después de introducir las cargas en el programa, se coloca un apoyo virtual fijo en el tramo de carga y un apoyo virtual móvil en el tramo de descarga del modelo geométrico de la cinta transportadora. Con las cargas y los apoyos en los extremos de la cinta, Robot puede determinar la deformada y los valores de las flechas en cada punto de la estructura. La Figura 13 muestra la estructura original en naranja, y la estructura deformada en verde, así como el punto donde se encuentra la flecha máxima cuando la cinta cuenta con un apoyo en cada extremo, siendo su valor de 155,3 cm.

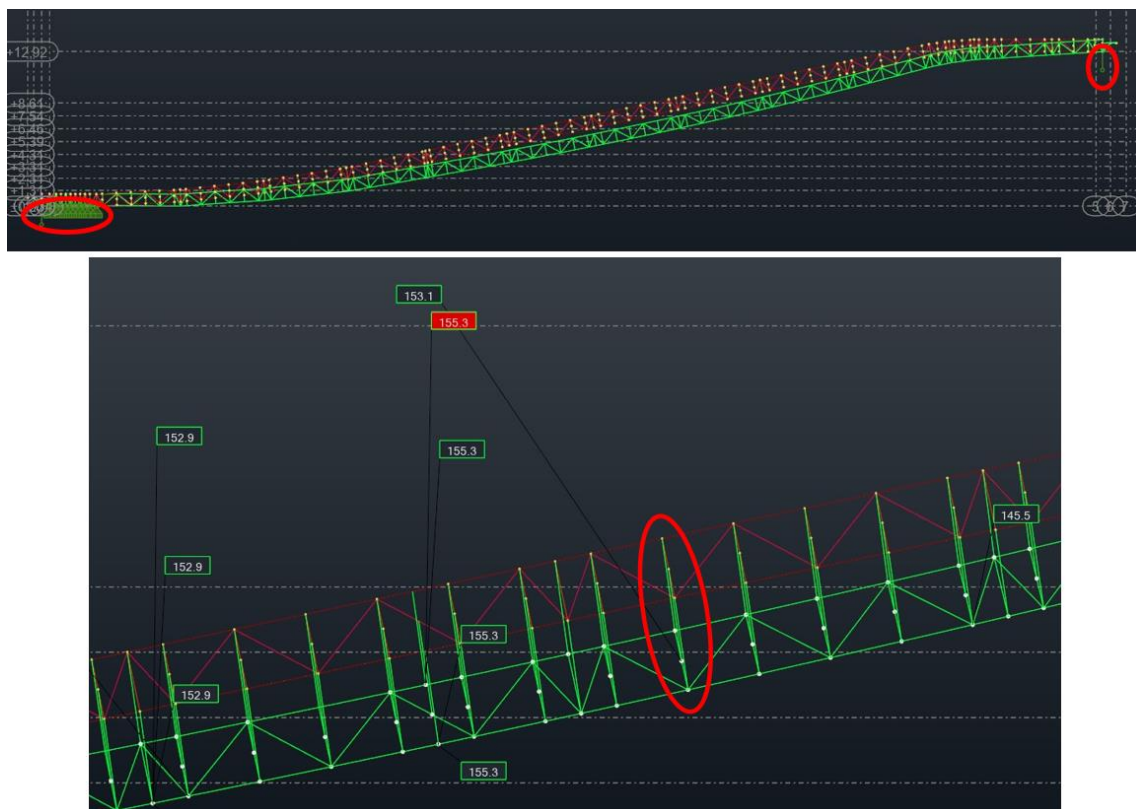


Figura 13. Deformada (arriba) con los apoyos señalados en rojo y flecha máxima (abajo) de la estructura con dos apoyos virtuales.

Conocido el punto de la celosía donde se encuentra la flecha máxima, se coloca un tercer apoyo virtual en dicho punto y se repite el cálculo de la deformada, obteniéndose esta vez el resultado mostrado en la Figura 14, donde la flecha máxima es de 23 cm:

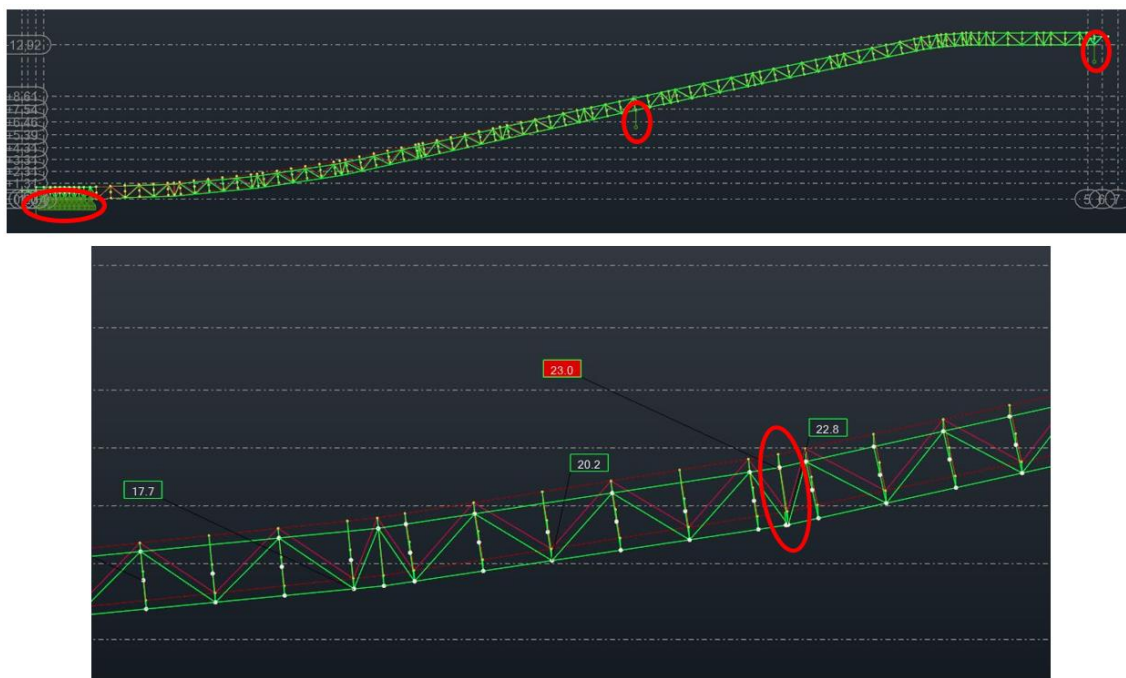


Figura 14. Deformada (arriba) con los apoyos señalados en rojo y flecha máxima (abajo) de la estructura con tres apoyos virtuales.

Del mismo modo, se coloca un cuarto apoyo virtual en ese punto, y se vuelve a calcular la deformada, obteniéndose el resultado de la Figura 15, donde la flecha máxima es de 7,9 cm:

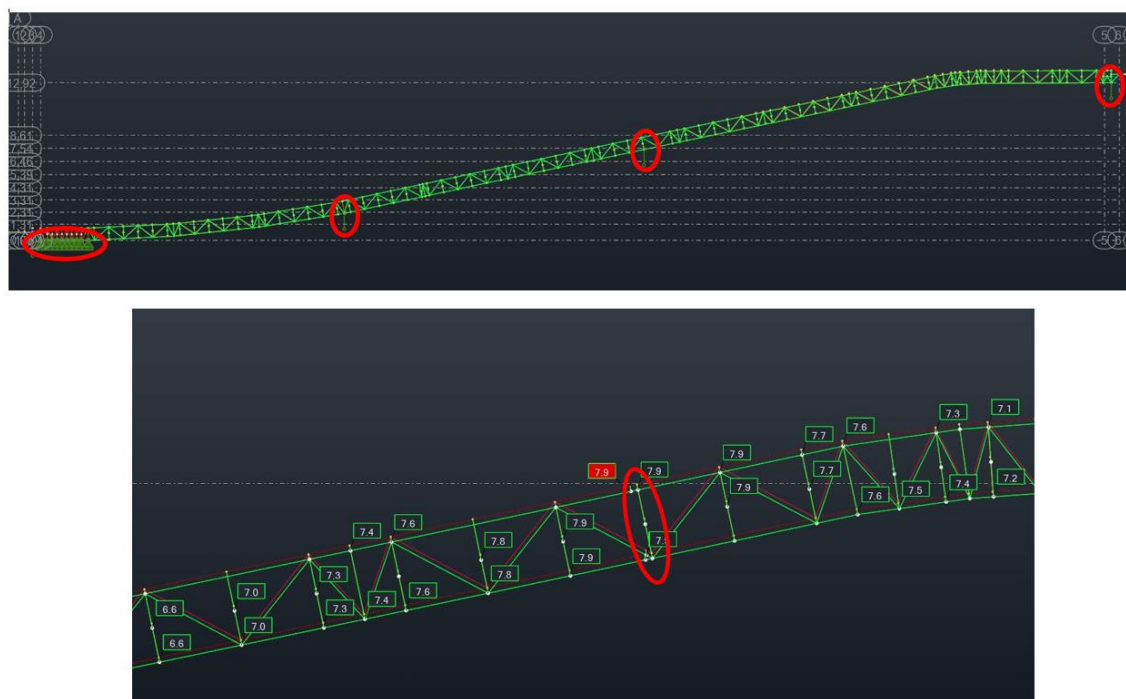


Figura 15. Deformada (arriba) con los apoyos señalados en rojo y flecha máxima (abajo) de la estructura con cuatro apoyos virtuales.

Se coloca un quinto apoyo virtual en ese punto y se recalcula la deformada, obteniéndose el resultado de la Figura 16, donde la flecha máxima es de 2,9 cm:

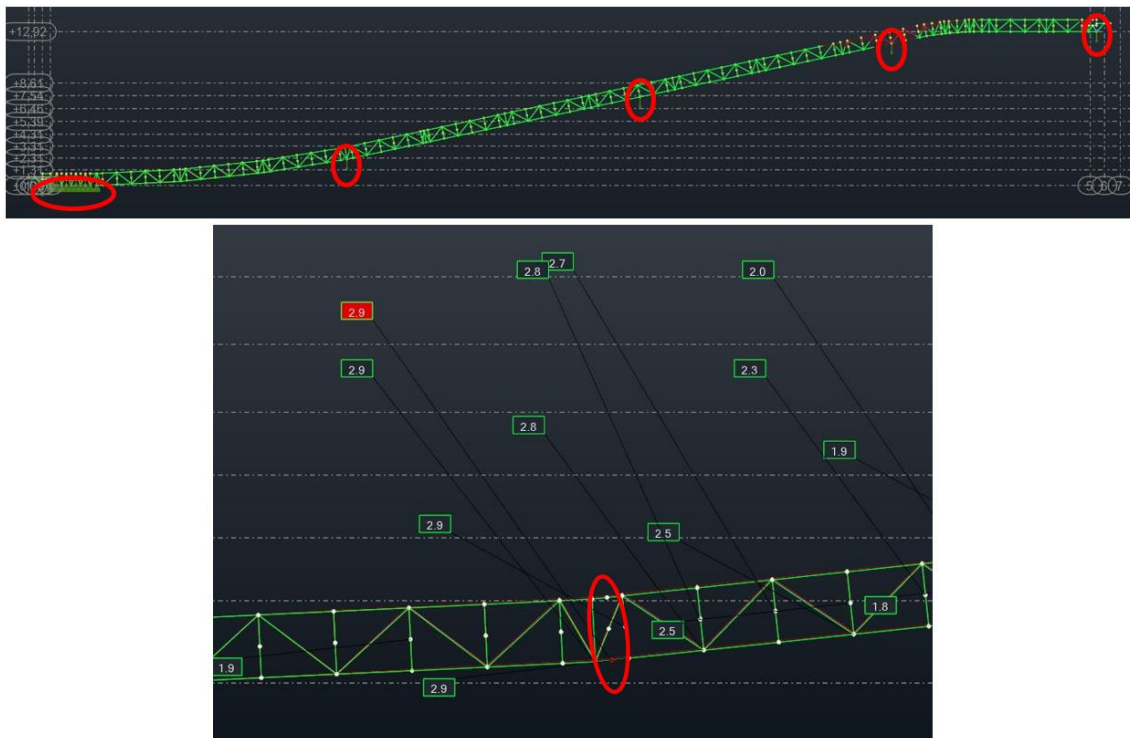


Figura 16. Deformada (arriba) con los apoyos señalados en rojo y flecha máxima (abajo) de la estructura con cinco apoyos virtuales.

El valor de 2,9 cm sigue siendo lo suficientemente elevado como para considerar la colocación de un sexto apoyo. Por tanto, se realiza un último cálculo de la deformada con un apoyo más, obteniéndose el resultado mostrado en la Figura 17, con una flecha máxima de 0,6 cm, valor aceptable como para no colocar más soportes:



Figura 17. Deformada final con seis apoyos virtuales señalados en rojo.

Finalmente, la cinta transportadora contará con 6 puntos de apoyo. El primero será donde la celosía está apoyada directamente en la cimentación, y los otros 5 serán soportes estructurales.

Se opta por instalar soportes verticales, pero para solucionar el problema de la estabilidad transversal se decide por soportes ligeramente abiertos en la zona de contacto con la cimentación, o lo que es lo mismo, soportes con forma trapezoidal. La Figura 18 muestra el soporte vertical de mayor longitud, que irá instalado bajo la zona de descarga.

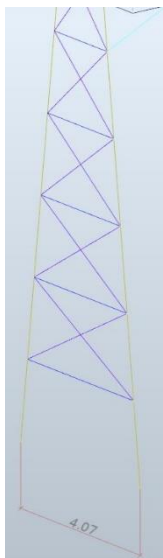


Figura 18.
Soporte vertical.

Los perfiles de todos los soportes verticales estarán separados entre sí 1,35 m en la parte superior, pues es como se detalló anteriormente, es lo que mide la celosía de ancho. En su parte inferior, los perfiles estarán separados 4,07 m.

Para evitar problemas de pandeo, se colocan vigas horizontales que unen los perfiles verticales de forma equidistante. Además, para rigidizar aún más la estructura del soporte, se colocan barras en cruz que unen los nudos formados por las uniones entre los perfiles inclinados y las vigas horizontales.

Este tipo de soporte irá instalado, según la Figura 17, en los 3 puntos de la derecha.

Para el segundo punto por la izquierda en la Figura 17, se decide por un soporte simple formado por dos perfiles en vertical (Figura 19), debido a que la distancia entre el suelo y la celosía no es tan grande como para un tipo de soporte como el anteriormente descrito.

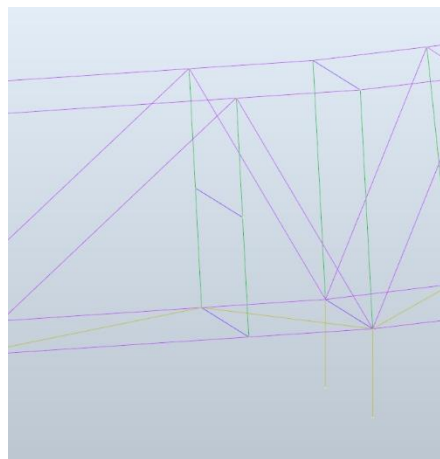


Figura 19. Soporte simple.

El tercer punto por la izquierda en la misma figura dispondrá de un soporte en V formado por 2 perfiles (Figura 20), separados 4,07 m en su base inferior.

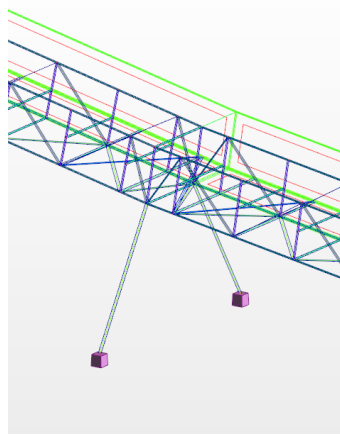


Figura 20. Soporte en V.

Finalmente, con el objetivo de añadir estabilidad longitudinal a toda la estructura, a los soportes verticales de los puntos 4 y 5 por la izquierda en la Figura 17 se les añade 2 barras inclinadas por cada lado, igualmente unidas por vigas horizontales y barras en cruz, que conectan la cimentación con la celosía. Adicionalmente se conectan las barras inclinadas a los nudos formados por las uniones entre los soportes verticales y la celosía, como se muestra en la Figura 21.

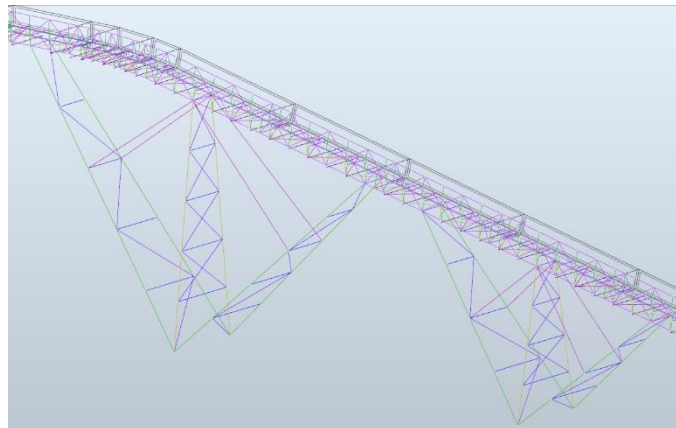


Figura 21. Soportes compuestos tipo Y.

Dibujada la celosía y los soportes se procede a dibujar la pasarela. Como se observa en la Figura 22, la pasarela estará formada por vigas principales, transversales a la celosía, para aguantar el peso de los operarios y barras diagonales que las unen para absorber los esfuerzos de torsión. Tanto el suelo y la barandilla de la pasarela serán dibujados como paneles sin espesor, con el objetivo de contar con esas superficies durante la simulación de las cargas de viento. Cada tramo de la pasarela tendrá la misma longitud del tramo de celosía al que acompaña.

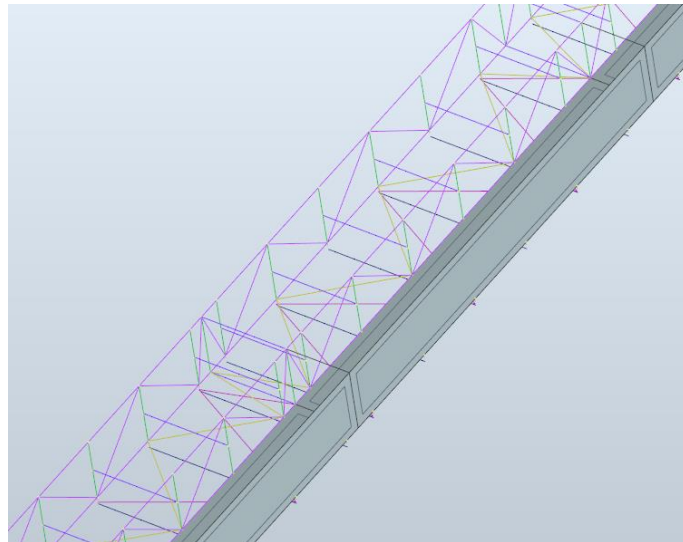


Figura 22. Pasarela.

Finalmente, se dibuja la zona donde irá emplazado el sistema motriz. Esta zona, mostrada en la Figura 23, es una prolongación de la pasarela, pero con un área de operación superior con el fin de permitir el paso de los operarios para la manutención y revisión del motor y el reductor. Concretamente, de 2,70x2,38 metros.

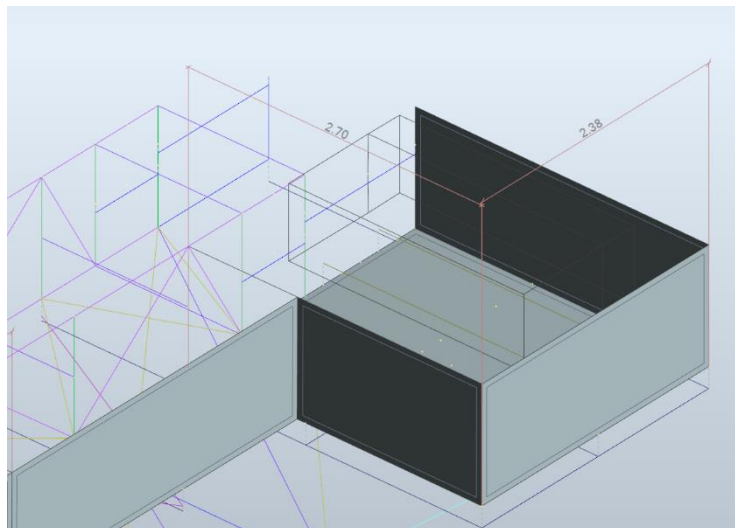


Figura 23. Zona de emplazamiento del sistema motriz.

La bancada del motor estará formada por dos vigas que irán colocadas sobre la superficie de esta zona de la pasarela. A su vez, este tramo será sostenido por perfiles IPE y una barra inclinada que descansará sobre el soporte vertical.

2.3.2 APOYOS

A continuación, se colocan los apoyos en los puntos de contacto con el “suelo” de los soportes y del tramo de carga, como se ve en la Figura 24. Todos los apoyos serán empotrados.

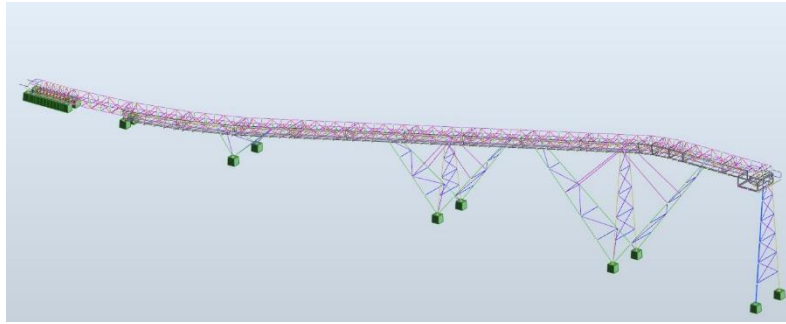


Figura 24. Apoyos de la estructura de la cinta transportadora.

2.3.3 CARGAS

Una vez dibujado el modelo geométrico de la estructura de la cinta transportadora y designados los apoyos, se calculan las cargas que vayan a estar presentes cuando la cinta este finalmente construida y en funcionamiento. Los valores de cargas son las reflejadas en la Tabla 36, y son las siguientes:

- Material: 236 kg/m más un 10% debido al ensuciamiento y más un 200% en la zona de carga (UNE 58214).
- Banda: 40,34 kg/m (peso de la banda 1000 EP 1000/3 3+1,5 Y).
- Rodillos superiores: 2,6858 kg/m.
- Rodillos inferiores: 2,585 kg/m.
- Estaciones superiores: 19,3 kg (catálogo del fabricante ROTRANS).
- Estaciones inferiores: 3,5 kg (catálogo del fabricante ROTRANS).
- Plataformas de la pasarela: 3 kN (UNE 58214).
- Peso de los tambores de cabeza y cola: 510 kg.
- Peso de los tambores de inflexión: 320 kg.
- Peso del contrapeso: 7879,97 kg.
- Tensiones de la banda sobre los tambores de cabeza y cola.

Según la norma UNE 58214, las cargas de todos los nudos se multiplican por un coeficiente dinámico de 1,1, salvo en los nudos de la pasarela. Además, según la misma norma, en todos los tramos que tengan inclinación las cargas deberán ser aumentadas un 20%.

Tabla 36. Cargas para cada de nudo de la estructura de la cinta transportadora.

CARGAS POR NUDO					
TRAMO DE LA ZONA DE CARGA					
Cordón (m)	3,9	Nudos	8	Inclinación (°)	0
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	2026,407	19879,056	9939,528	1,242	1,367
Banda	157,326	1543,368	771,684	0,096	0,106
Rodillos superiores	10,475	102,757	51,379	0,006	0,007
Rodillos inferiores	10,082	98,900	49,450	0,006	0,007
Estación superior	19,300	189,333	94,667	0,095	0,104
Estación inferior	3,500	34,335	17,168	0,017	0,019
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					1,610
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					1,531
TRAMO DE LA CURVA CÓNCAVA DE 3°					
Cordón (m)	7	Nudos	6	Inclinación (°)	3
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	1650,980	16196,118	8098,059	1,350	1,782
Banda	281,993	2766,351	1383,176	0,231	0,304
Rodillos superiores	18,775	184,183	92,092	0,015	0,020
Rodillos inferiores	18,070	177,269	88,634	0,015	0,019
Estación superior	19,274	189,074	94,537	0,095	0,125
Estación inferior	3,495	34,288	17,144	0,017	0,023
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					2,273
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					2,079
TRAMO DE LA CURVA CÓNCAVA DE 6°					
Cordón (m)	7	Nudos	6	Inclinación (°)	6
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	1644,189	16129,499	8064,749	1,344	1,774
Banda	280,833	2754,973	1377,486	0,230	0,303
Rodillos superiores	18,698	183,426	91,713	0,015	0,020
Rodillos inferiores	17,996	176,540	88,270	0,015	0,019
Estación superior	19,194	188,296	94,148	0,094	0,124
Estación inferior	3,481	34,147	17,073	0,017	0,023
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					2,264
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					2,070
TRAMO DE LA CURVA CÓNCAVA DE 9°					
Cordón (m)	7	Nudos	6	Inclinación (°)	9
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	1632,892	16018,670	8009,335	1,335	1,762
Banda	278,903	2736,043	1368,021	0,228	0,301
Rodillos superiores	18,569	182,165	91,083	0,015	0,020
Rodillos inferiores	17,872	175,326	87,663	0,015	0,019
Estación superior	19,062	187,002	93,501	0,094	0,123
Estación inferior	3,457	33,912	16,956	0,017	0,022
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					2,248

Tabla 36 . Cargas para cada nudo de la estructura de la cinta transportadora. Continuación.

TRAMO DE LA CURVA CÓNCAVA DE 9°					
Cordón (m)	7	Nudos	6	Inclinación (°)	9
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					2,056
CARGAS POR NUDO					
TRAMO DE LA CURVA CÓNCAVA DE 12°					
Cordón (m)	6,75	Nudos	6	Inclinación (°)	12
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	1559,364	15297,366	7648,683	1,275	1,683
Banda	266,345	2612,842	1306,421	0,218	0,287
Rodillos superiores	17,733	173,963	86,981	0,014	0,019
Rodillos inferiores	17,067	167,432	83,716	0,014	0,018
Estación superior	18,878	185,196	92,598	0,093	0,122
Estación inferior	3,424	33,585	16,792	0,017	0,022
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					2,152
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					1,968
TRAMO INCLINADO DE 12° (TIPO I)					
Cordón (m)	6,95	Nudos	6	Inclinación (°)	12
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	1605,568	15750,621	7875,310	1,313	1,733
Banda	274,236	2690,259	1345,130	0,224	0,296
Rodillos superiores	18,259	179,117	89,559	0,015	0,020
Rodillos inferiores	17,573	172,393	86,196	0,014	0,019
Estación superior	18,878	185,196	92,598	0,093	0,122
Estación inferior	3,424	33,585	16,792	0,017	0,022
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					2,212
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					2,022
TRAMO INCLINADO DE 12° (TIPO II)					
Cordón (m)	7,2	Nudos	6	Inclinación (°)	12
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	1663,322	16317,190	8158,595	1,360	1,795
Banda	284,101	2787,031	1393,515	0,232	0,307
Rodillos superiores	18,915	185,560	92,780	0,015	0,020
Rodillos inferiores	18,205	178,594	89,297	0,015	0,020
Estación superior	18,878	185,196	92,598	0,093	0,122
Estación inferior	3,424	33,585	16,792	0,017	0,022
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					2,286
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					2,091
TRAMO DE LA CURVA CONVEXA DE 8°					
Cordón (m)	1,69	Nudos	2	Inclinación (°)	8
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	395,256	3877,466	1938,733	0,969	1,280
Banda	67,511	662,284	331,142	0,166	0,219
Rodillos superiores	4,495	44,095	22,047	0,011	0,015
Rodillos inferiores	4,326	42,439	21,220	0,011	0,014

Tabla 36 . Cargas para cada nudo de la estructura de la cinta transportadora. Continuación.

TRAMO DE LA CURVA CONVEXA DE 8°					
Cordón (m)	1,69	Nudos	2	Inclinación (°)	8
Estación superior	19,112	187,490	93,745	0,094	0,124
Estación inferior	3,466	34,001	17,000	0,017	0,022
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					1,673
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					1,527
CARGAS POR NUDO					
TRAMO DE LA CURVA CONVEXA DE 4°					
Cordón (m)	2,1	Nudos	3	Inclinación (°)	4
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	494,766	4853,651	2426,826	0,809	1,068
Banda	84,508	829,020	414,510	0,138	0,182
Rodillos superiores	5,627	55,196	27,598	0,009	0,012
Rodillos inferiores	5,415	53,124	26,562	0,009	0,012
Estación superior	19,253	188,872	94,436	0,094	0,125
Estación inferior	3,491	34,251	17,126	0,017	0,023
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					1,421
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					1,296
TRAMO DE LA CURVA CONVEXA DE 0°					
Cordón (m)	1,69	Nudos	2	Inclinación (°)	0
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	399,141	3915,572	1957,786	0,979	1,077
Banda	68,175	668,793	334,396	0,167	0,184
Rodillos superiores	4,539	44,528	22,264	0,011	0,012
Rodillos inferiores	4,369	42,856	21,428	0,011	0,012
Estación superior	19,300	189,333	94,667	0,095	0,104
Estación inferior	3,500	34,335	17,168	0,017	0,019
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					1,408
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					1,285
TRAMO DE LA ZONA DE DESCARGA (TIPO I)					
Cordón (m)	4,8	Nudos	4	Inclinación (°)	0
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	1133,654	11121,150	5560,575	1,390	1,529
Banda	193,632	1899,530	949,765	0,237	0,261
Rodillos superiores	12,892	126,471	63,235	0,016	0,017
Rodillos inferiores	12,408	121,722	60,861	0,015	0,017
Estación superior	19,300	189,333	94,667	0,095	0,104
Estación inferior	3,500	34,335	17,168	0,017	0,019
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					1,947
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					1,781
TRAMO DE LA ZONA DE DESCARGA (TIPO II)					
Cordón (m)	3,56	Nudos	3	Inclinación (°)	0
Elemento	kg	N	N/cordón	kN/nudo	Mayoradas
Material	840,794	8248,187	4124,093	1,375	1,512

Tabla 36 . Cargas para cada nudo de la estructura de la cinta transportadora. Continuación.

TRAMO DE LA ZONA DE DESCARGA (TIPO II)					
Cordón (m)	3,56	Nudos	3	Inclinación (°)	0
Elemento	kg	N	N/nudo	kN/nudo	Mayoradas
Banda	143,610	1408,818	704,409	0,235	0,258
Rodillos superiores	9,562	93,799	46,899	0,016	0,017
Rodillos inferiores	9,203	90,278	45,139	0,015	0,017
Estación superior	19,300	189,333	94,667	0,095	0,104
Estación inferior	3,500	34,335	17,168	0,017	0,019
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES E INFERIOR (kN/nudo)					1,927
CARGA EN NUDO CON RODILLOS SUPERIORES (kN/nudo)					1,763
CARGAS POR NUDO					
ZONA MOTRIZ					
Elemento	kg	N	N/nudo	kN/nudo	Mayoradas
Motor-Reductor	990	9711,9	4855,95	4,85595	5,341545
Tambor de cabeza	509,684	5000	2500	2,5	2,75
Tambor inflexión	321,101	3150	1575	1,575	1,7325
Contrapeso	7879,970	77302,506	19325,626	19,326	21,258
ZONA DE RETORNO					
Elemento	kg	N	N/nudo	kN/nudo	Mayoradas
Tambor de cola	509,684	5000	2500	2,5	2,75
Tambor de inflexión	321,101	3150	1575	1,575	1,7325
PASARELA					
Elemento	kg	N	N/nudo	kN/nudo	Mayoradas
Vigas	-	3000	3000	3	3,6
BANDA					
TENSIONES		kN (X)	kN (Z)	Mayoradas	
				kN (X)	kN (Z)
Tensión en tambor de cabeza		32,026	3,08	35,228	3,388
Tensión en tambor de cola		9,638	2,583	10,602	2,841

A continuación, se crean los distintos casos de carga a considerar para el cálculo de la estructura y el dimensionamiento de los perfiles:

- Caso de carga 1: Peso propio.
- Caso de carga 2: Cargas.
- Caso de carga 3: Viento.
- Caso de carga 4: Tensiones.

El caso 1 recoge el peso de cada una de las barras que forman la estructura de la cinta transportadora.

El caso 2 son las cargas derivadas del peso de los tambores, los rodillos, la banda, el material transportado, el sistema motriz y la pasarela.

El caso 3 estudia la carga que ejerce el viento sobre la estructura de la cinta transportadora.

El caso 4 es para las tensiones que ejerce la banda transportadora sobre el tambor de cola y cabeza durante el funcionamiento de la cinta transportadora.

Debido a que la cinta transportadora será construida en una zona que presenta una baja probabilidad de formación de nieve, no se creará un caso de carga para los efectos de la nieve.

A continuación, se realiza la simulación de las cargas de viento en el Caso 3, como se muestra en la Figura 25:

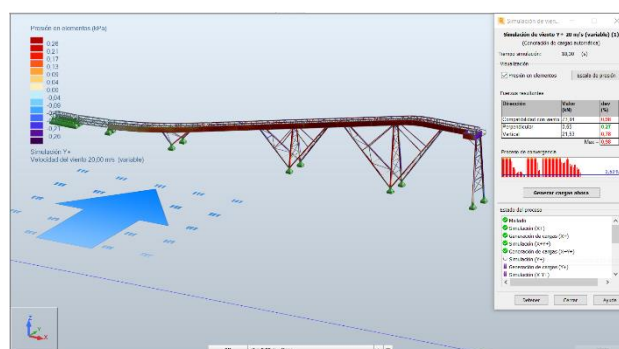


Figura 25. Simulación de viento sobre la estructura.

Con esta simulación se han creado 8 nuevos casos de carga, por lo que el siguiente paso es determinar las diferentes combinaciones de carga. Estas combinaciones consisten en situaciones en las que los 12 primeros casos de carga pueden coexistir, sumando el efecto de cada caso multiplicado por el coeficiente correspondiente:

- PESO PROPIO: Coeficiente de 1,35.
- CARGA: Coeficiente de 1,50.
- VIENTO (y sus simulaciones): Coeficiente de 0,90.
- TENSIONES: Coeficiente de 1,50.

La Tabla 37 muestra todas las combinaciones carga que crea Robot tanto para Estado Límite Último (ELU) como para Estado Límite de Servicio (ELS).

Tabla 37. Casos de carga y sus combinaciones.

CASOS DE CARGA			
Caso	Nombre del caso	Naturaleza	Tipo de análisis
1	PESO PROPIO	Peso propio	Estático lineal
2	CARGA	Categoría A	Estático lineal
3	VIENTO	viento	Estático lineal
4	TENSIONES	Categoría A	Estático lineal

Tabla 37. Casos de carga y sus combinaciones. Continuación.

CASOS DE CARGA			
Caso	Nombre del caso	Naturaleza	Tipo de análisis
5	Simulación de viento X+ 20 m/s (variable)	viento	Estático lineal
6	Simulación de viento X+Y+ 20 m/s (variable)	viento	Estático lineal
7	Simulación de viento Y+ 20 m/s (variable)	viento	Estático lineal
8	Simulación de viento X-Y+ 20 m/s (variable)	viento	Estático lineal
9	Simulación de viento X- 20 m/s (variable)	viento	Estático lineal
10	Simulación de viento X-Y- 20 m/s (variable)	viento	Estático lineal
11	Simulación de viento Y- 20 m/s (variable)	viento	Estático lineal
12	Simulación de viento X+Y- 20 m/s (variable)	viento	Estático lineal
13	$ELU/1=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50$	permanente	Combinación lineal
14	$ELU/2=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 3*0.90$	permanente	Combinación lineal
15	$ELU/3=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 5*0.90$	permanente	Combinación lineal
16	$ELU/4=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 6*0.90$	permanente	Combinación lineal
17	$ELU/5=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 7*0.90$	permanente	Combinación lineal
18	$ELU/6=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 8*0.90$	permanente	Combinación lineal
19	$ELU/7=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 9*0.90$	permanente	Combinación lineal
20	$ELU/8=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 10*0.90$	permanente	Combinación lineal
21	$ELU/9=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 11*0.90$	permanente	Combinación lineal
22	$ELU/10=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 12*0.90$	permanente	Combinación lineal
23	$ELU/11=1*1.35$	permanente	Combinación lineal
24	$ELU/12=1*1.35 + 2*1.50$	permanente	Combinación lineal
25	$ELU/13=1*1.35 + 2*1.50 + 3*0.90$	permanente	Combinación lineal
26	$ELU/14=1*1.35 + 2*1.50 + 5*0.90$	permanente	Combinación lineal
27	$ELU/15=1*1.35 + 2*1.50 + 6*0.90$	permanente	Combinación lineal
28	$ELU/16=1*1.35 + 2*1.50 + 7*0.90$	permanente	Combinación lineal
29	$ELU/17=1*1.35 + 2*1.50 + 8*0.90$	permanente	Combinación lineal
30	$ELU/18=1*1.35 + 2*1.50 + 9*0.90$	permanente	Combinación lineal
31	$ELU/19=1*1.35 + 2*1.50 + 10*0.90$	permanente	Combinación lineal
32	$ELU/20=1*1.35 + 2*1.50 + 11*0.90$	permanente	Combinación lineal
33	$ELU/21=1*1.35 + 2*1.50 + 12*0.90$	permanente	Combinación lineal
34	$ELU/22=1*1.35 + 4*1.50$	permanente	Combinación lineal
35	$ELU/23=1*1.35 + 4*1.50 + 3*0.90$	permanente	Combinación lineal
36	$ELU/24=1*1.35 + 4*1.50 + 5*0.90$	permanente	Combinación lineal
37	$ELU/25=1*1.35 + 4*1.50 + 6*0.90$	permanente	Combinación lineal
38	$ELU/26=1*1.35 + 4*1.50 + 7*0.90$	permanente	Combinación lineal
39	$ELU/27=1*1.35 + 4*1.50 + 8*0.90$	permanente	Combinación lineal
40	$ELU/28=1*1.35 + 4*1.50 + 9*0.90$	permanente	Combinación lineal
41	$ELU/29=1*1.35 + 4*1.50 + 10*0.90$	permanente	Combinación lineal
42	$ELU/30=1*1.35 + 4*1.50 + 11*0.90$	permanente	Combinación lineal
43	$ELU/31=1*1.35 + 4*1.50 + 12*0.90$	permanente	Combinación lineal
44	$ELU/32=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50$	permanente	Combinación lineal
45	$ELU/33=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 3*0.90$	permanente	Combinación lineal
46	$ELU/34=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 5*0.90$	permanente	Combinación lineal

Tabla 37. Casos de carga y sus combinaciones. Continuación.

CASOS DE CARGA			
Caso	Nombre del caso	Naturaleza	Tipo de análisis
47	$ELU/35=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 6*0.90$	permanente	Combinación lineal
48	$ELU/36=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 7*0.90$	permanente	Combinación lineal
49	$ELU/37=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 8*0.90$	permanente	Combinación lineal
50	$ELU/38=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 9*0.90$	permanente	Combinación lineal
51	$ELU/39=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 10*0.90$	permanente	Combinación lineal
52	$ELU/40=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 11*0.90$	permanente	Combinación lineal
53	$ELU/41=1*0.80 + 2*1.50 + 4*1.50 + 12*0.90$	permanente	Combinación lineal
54	$ELU/42=1*0.80$	permanente	Combinación lineal
55	$ELU/43=1*0.80 + 2*1.50$	permanente	Combinación lineal
56	$ELU/44=1*0.80 + 2*1.50 + 3*0.90$	permanente	Combinación lineal
57	$ELU/45=1*0.80 + 2*1.50 + 5*0.90$	permanente	Combinación lineal
58	$ELU/46=1*0.80 + 2*1.50 + 6*0.90$	permanente	Combinación lineal
59	$ELU/47=1*0.80 + 2*1.50 + 7*0.90$	permanente	Combinación lineal
60	$ELU/48=1*0.80 + 2*1.50 + 8*0.90$	permanente	Combinación lineal
61	$ELU/49=1*0.80 + 2*1.50 + 9*0.90$	permanente	Combinación lineal
62	$ELU/50=1*0.80 + 2*1.50 + 10*0.90$	permanente	Combinación lineal
63	$ELU/51=1*0.80 + 2*1.50 + 11*0.90$	permanente	Combinación lineal
64	$ELU/52=1*0.80 + 2*1.50 + 12*0.90$	permanente	Combinación lineal
65	$ELU/53=1*0.80 + 4*1.50$	permanente	Combinación lineal
66	$ELU/54=1*0.80 + 4*1.50 + 3*0.90$	permanente	Combinación lineal
67	$ELU/55=1*0.80 + 4*1.50 + 5*0.90$	permanente	Combinación lineal
68	$ELU/56=1*0.80 + 4*1.50 + 6*0.90$	permanente	Combinación lineal
69	$ELU/57=1*0.80 + 4*1.50 + 7*0.90$	permanente	Combinación lineal
70	$ELU/58=1*0.80 + 4*1.50 + 8*0.90$	permanente	Combinación lineal
71	$ELU/59=1*0.80 + 4*1.50 + 9*0.90$	permanente	Combinación lineal
72	$ELU/60=1*0.80 + 4*1.50 + 10*0.90$	permanente	Combinación lineal
73	$ELU/61=1*0.80 + 4*1.50 + 11*0.90$	permanente	Combinación lineal
74	$ELU/62=1*0.80 + 4*1.50 + 12*0.90$	permanente	Combinación lineal
75	$ELU/63=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 3*1.50$	permanente	Combinación lineal
76	$ELU/64=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 5*1.50$	permanente	Combinación lineal
77	$ELU/65=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 6*1.50$	permanente	Combinación lineal
78	$ELU/66=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 7*1.50$	permanente	Combinación lineal
79	$ELU/67=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 8*1.50$	permanente	Combinación lineal
80	$ELU/68=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 9*1.50$	permanente	Combinación lineal
81	$ELU/69=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 10*1.50$	permanente	Combinación lineal
82	$ELU/70=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 11*1.50$	permanente	Combinación lineal
83	$ELU/71=1*1.35 + 2*1.05 + 4*1.05 + 12*1.50$	permanente	Combinación lineal
84	$ELU/72=1*1.35 + 3*1.50$	permanente	Combinación lineal
85	$ELU/73=1*1.35 + 5*1.50$	permanente	Combinación lineal
86	$ELU/74=1*1.35 + 6*1.50$	permanente	Combinación lineal
87	$ELU/75=1*1.35 + 7*1.50$	permanente	Combinación lineal
88	$ELU/76=1*1.35 + 8*1.50$	permanente	Combinación lineal

Tabla 37. Casos de carga y sus combinaciones. Continuación.

CASOS DE CARGA			
Caso	Nombre del caso	Naturaleza	Tipo de análisis
89	ELU/77=1*1.35 + 9*1.50	permanente	Combinación lineal
90	ELU/78=1*1.35 + 10*1.50	permanente	Combinación lineal
91	ELU/79=1*1.35 + 11*1.50	permanente	Combinación lineal
92	ELU/80=1*1.35 + 12*1.50	permanente	Combinación lineal
93	ELU/81=1*1.35 + 2*1.05 + 3*1.50	permanente	Combinación lineal
94	ELU/82=1*1.35 + 2*1.05 + 5*1.50	permanente	Combinación lineal
95	ELU/83=1*1.35 + 2*1.05 + 6*1.50	permanente	Combinación lineal
96	ELU/84=1*1.35 + 2*1.05 + 7*1.50	permanente	Combinación lineal
97	ELU/85=1*1.35 + 2*1.05 + 8*1.50	permanente	Combinación lineal
98	ELU/86=1*1.35 + 2*1.05 + 9*1.50	permanente	Combinación lineal
99	ELU/87=1*1.35 + 2*1.05 + 10*1.50	permanente	Combinación lineal
100	ELU/88=1*1.35 + 2*1.05 + 11*1.50	permanente	Combinación lineal
101	ELU/89=1*1.35 + 2*1.05 + 12*1.50	permanente	Combinación lineal
102	ELU/90=1*1.35 + 4*1.05 + 3*1.50	permanente	Combinación lineal
103	ELU/91=1*1.35 + 4*1.05 + 5*1.50	permanente	Combinación lineal
104	ELU/92=1*1.35 + 4*1.05 + 6*1.50	permanente	Combinación lineal
105	ELU/93=1*1.35 + 4*1.05 + 7*1.50	permanente	Combinación lineal
106	ELU/94=1*1.35 + 4*1.05 + 8*1.50	permanente	Combinación lineal
107	ELU/95=1*1.35 + 4*1.05 + 9*1.50	permanente	Combinación lineal
108	ELU/96=1*1.35 + 4*1.05 + 10*1.50	permanente	Combinación lineal
109	ELU/97=1*1.35 + 4*1.05 + 11*1.50	permanente	Combinación lineal
110	ELU/98=1*1.35 + 4*1.05 + 12*1.50	permanente	Combinación lineal
111	ELU/99=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 3*1.50	permanente	Combinación lineal
112	ELU/100=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 5*1.50	permanente	Combinación lineal
113	ELU/101=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 6*1.50	permanente	Combinación lineal
114	ELU/102=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 7*1.50	permanente	Combinación lineal
115	ELU/103=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 8*1.50	permanente	Combinación lineal
116	ELU/104=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 9*1.50	permanente	Combinación lineal
117	ELU/105=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 10*1.50	permanente	Combinación lineal
118	ELU/106=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 11*1.50	permanente	Combinación lineal
119	ELU/107=1*0.80 + 2*1.05 + 4*1.05 + 12*1.50	permanente	Combinación lineal
120	ELU/108=1*0.80 + 3*1.50	permanente	Combinación lineal
121	ELU/109=1*0.80 + 5*1.50	permanente	Combinación lineal
122	ELU/110=1*0.80 + 6*1.50	permanente	Combinación lineal
123	ELU/111=1*0.80 + 7*1.50	permanente	Combinación lineal
124	ELU/112=1*0.80 + 8*1.50	permanente	Combinación lineal
125	ELU/113=1*0.80 + 9*1.50	permanente	Combinación lineal
126	ELU/114=1*0.80 + 10*1.50	permanente	Combinación lineal
127	ELU/115=1*0.80 + 11*1.50	permanente	Combinación lineal
128	ELU/116=1*0.80 + 12*1.50	permanente	Combinación lineal
129	ELU/117=1*0.80 + 2*1.05 + 3*1.50	permanente	Combinación lineal
130	ELU/118=1*0.80 + 2*1.05 + 5*1.50	permanente	Combinación lineal

Tabla 37. Casos de carga y sus combinaciones. Continuación.

CASOS DE CARGA			
Caso	Nombre del caso	Naturaleza	Tipo de análisis
131	ELU/119=1*0.80 + 2*1.05 + 6*1.50	permanente	Combinación lineal
132	ELU/120=1*0.80 + 2*1.05 + 7*1.50	permanente	Combinación lineal
133	ELU/121=1*0.80 + 2*1.05 + 8*1.50	permanente	Combinación lineal
134	ELU/122=1*0.80 + 2*1.05 + 9*1.50	permanente	Combinación lineal
135	ELU/123=1*0.80 + 2*1.05 + 10*1.50	permanente	Combinación lineal
136	ELU/124=1*0.80 + 2*1.05 + 11*1.50	permanente	Combinación lineal
137	ELU/125=1*0.80 + 2*1.05 + 12*1.50	permanente	Combinación lineal
138	ELU/126=1*0.80 + 4*1.05 + 3*1.50	permanente	Combinación lineal
139	ELU/127=1*0.80 + 4*1.05 + 5*1.50	permanente	Combinación lineal
140	ELU/128=1*0.80 + 4*1.05 + 6*1.50	permanente	Combinación lineal
141	ELU/129=1*0.80 + 4*1.05 + 7*1.50	permanente	Combinación lineal
142	ELU/130=1*0.80 + 4*1.05 + 8*1.50	permanente	Combinación lineal
143	ELU/131=1*0.80 + 4*1.05 + 9*1.50	permanente	Combinación lineal
144	ELU/132=1*0.80 + 4*1.05 + 10*1.50	permanente	Combinación lineal
145	ELU/133=1*0.80 + 4*1.05 + 11*1.50	permanente	Combinación lineal
146	ELU/134=1*0.80 + 4*1.05 + 12*1.50	permanente	Combinación lineal
147	ELS/1=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00	permanente	Combinación lineal
148	ELS/2=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 3*0.60	permanente	Combinación lineal
149	ELS/3=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 5*0.60	permanente	Combinación lineal
150	ELS/4=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 6*0.60	permanente	Combinación lineal
151	ELS/5=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 7*0.60	permanente	Combinación lineal
152	ELS/6=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 8*0.60	permanente	Combinación lineal
153	ELS/7=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 9*0.60	permanente	Combinación lineal
154	ELS/8=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 10*0.60	permanente	Combinación lineal
155	ELS/9=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 11*0.60	permanente	Combinación lineal
156	ELS/10=1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00 + 12*0.60	permanente	Combinación lineal
157	ELS/11=1*1.00	permanente	Combinación lineal
158	ELS/12=1*1.00 + 2*1.00	permanente	Combinación lineal
159	ELS/13=1*1.00 + 2*1.00 + 3*0.60	permanente	Combinación lineal
160	ELS/14=1*1.00 + 2*1.00 + 5*0.60	permanente	Combinación lineal
161	ELS/15=1*1.00 + 2*1.00 + 6*0.60	permanente	Combinación lineal
162	ELS/16=1*1.00 + 2*1.00 + 7*0.60	permanente	Combinación lineal
163	ELS/17=1*1.00 + 2*1.00 + 8*0.60	permanente	Combinación lineal
164	ELS/18=1*1.00 + 2*1.00 + 9*0.60	permanente	Combinación lineal
165	ELS/19=1*1.00 + 2*1.00 + 10*0.60	permanente	Combinación lineal
166	ELS/20=1*1.00 + 2*1.00 + 11*0.60	permanente	Combinación lineal
167	ELS/21=1*1.00 + 2*1.00 + 12*0.60	permanente	Combinación lineal
168	ELS/22=1*1.00 + 4*1.00	permanente	Combinación lineal
169	ELS/23=1*1.00 + 4*1.00 + 3*0.60	permanente	Combinación lineal
170	ELS/24=1*1.00 + 4*1.00 + 5*0.60	permanente	Combinación lineal
171	ELS/25=1*1.00 + 4*1.00 + 6*0.60	permanente	Combinación lineal
172	ELS/26=1*1.00 + 4*1.00 + 7*0.60	permanente	Combinación lineal

Tabla 37. Casos de carga y sus combinaciones. Continuación.

CASOS DE CARGA			
Caso	Nombre del caso	Naturaleza	Tipo de análisis
173	ELS/27=1*1.00 + 4*1.00 + 8*0.60	permanente	Combinación lineal
174	ELS/28=1*1.00 + 4*1.00 + 9*0.60	permanente	Combinación lineal
175	ELS/29=1*1.00 + 4*1.00 + 10*0.60	permanente	Combinación lineal
176	ELS/30=1*1.00 + 4*1.00 + 11*0.60	permanente	Combinación lineal
177	ELS/31=1*1.00 + 4*1.00 + 12*0.60	permanente	Combinación lineal
178	ELS/32=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 3*1.00	permanente	Combinación lineal
179	ELS/33=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 5*1.00	permanente	Combinación lineal
180	ELS/34=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 6*1.00	permanente	Combinación lineal
181	ELS/35=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 7*1.00	permanente	Combinación lineal
182	ELS/36=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 8*1.00	permanente	Combinación lineal
183	ELS/37=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 9*1.00	permanente	Combinación lineal
184	ELS/38=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 10*1.00	permanente	Combinación lineal
185	ELS/39=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 11*1.00	permanente	Combinación lineal
186	ELS/40=1*1.00 + 2*0.70 + 4*0.70 + 12*1.00	permanente	Combinación lineal
187	ELS/41=1*1.00 + 3*1.00	permanente	Combinación lineal
188	ELS/42=1*1.00 + 5*1.00	permanente	Combinación lineal
189	ELS/43=1*1.00 + 6*1.00	permanente	Combinación lineal
190	ELS/44=1*1.00 + 7*1.00	permanente	Combinación lineal
191	ELS/45=1*1.00 + 8*1.00	permanente	Combinación lineal
192	ELS/46=1*1.00 + 9*1.00	permanente	Combinación lineal
193	ELS/47=1*1.00 + 10*1.00	permanente	Combinación lineal
194	ELS/48=1*1.00 + 11*1.00	permanente	Combinación lineal
195	ELS/49=1*1.00 + 12*1.00	permanente	Combinación lineal
196	ELS/50=1*1.00 + 2*0.70 + 3*1.00	permanente	Combinación lineal
197	ELS/51=1*1.00 + 2*0.70 + 5*1.00	permanente	Combinación lineal
198	ELS/52=1*1.00 + 2*0.70 + 6*1.00	permanente	Combinación lineal
199	ELS/53=1*1.00 + 2*0.70 + 7*1.00	permanente	Combinación lineal
200	ELS/54=1*1.00 + 2*0.70 + 8*1.00	permanente	Combinación lineal
201	ELS/55=1*1.00 + 2*0.70 + 9*1.00	permanente	Combinación lineal
202	ELS/56=1*1.00 + 2*0.70 + 10*1.00	permanente	Combinación lineal
203	ELS/57=1*1.00 + 2*0.70 + 11*1.00	permanente	Combinación lineal
204	ELS/58=1*1.00 + 2*0.70 + 12*1.00	permanente	Combinación lineal
205	ELS/59=1*1.00 + 4*0.70 + 3*1.00	permanente	Combinación lineal
206	ELS/60=1*1.00 + 4*0.70 + 5*1.00	permanente	Combinación lineal
207	ELS/61=1*1.00 + 4*0.70 + 6*1.00	permanente	Combinación lineal
208	ELS/62=1*1.00 + 4*0.70 + 7*1.00	permanente	Combinación lineal
209	ELS/63=1*1.00 + 4*0.70 + 8*1.00	permanente	Combinación lineal
210	ELS/64=1*1.00 + 4*0.70 + 9*1.00	permanente	Combinación lineal
211	ELS/65=1*1.00 + 4*0.70 + 10*1.00	permanente	Combinación lineal
212	ELS/66=1*1.00 + 4*0.70 + 11*1.00	permanente	Combinación lineal
213	ELS/67=1*1.00 + 4*0.70 + 12*1.00	permanente	Combinación lineal
214	ELS/FRE/68=1*1.00 + 2*0.50 + 4*0.50	permanente	Combinación lineal

Tabla 37. Casos de carga y sus combinaciones. Continuación.

CASOS DE CARGA			
Caso	Nombre del caso	Naturaleza	Tipo de análisis
215	ELS:FRE/69=1*1.00	permanente	Combinación lineal
216	ELS:FRE/70=1*1.00 + 2*0.50	permanente	Combinación lineal
217	ELS:FRE/71=1*1.00 + 4*0.50	permanente	Combinación lineal
218	ELS:FRE/72=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 3*0.50	permanente	Combinación lineal
219	ELS:FRE/73=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 5*0.50	permanente	Combinación lineal
220	ELS:FRE/74=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 6*0.50	permanente	Combinación lineal
221	ELS:FRE/75=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 7*0.50	permanente	Combinación lineal
222	ELS:FRE/76=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 8*0.50	permanente	Combinación lineal
223	ELS:FRE/77=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 9*0.50	permanente	Combinación lineal
224	ELS:FRE/78=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 10*0.50	permanente	Combinación lineal
225	ELS:FRE/79=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 11*0.50	permanente	Combinación lineal
226	ELS:FRE/80=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30 + 12*0.50	permanente	Combinación lineal
227	ELS:FRE/81=1*1.00 + 3*0.50	permanente	Combinación lineal
228	ELS:FRE/82=1*1.00 + 5*0.50	permanente	Combinación lineal
229	ELS:FRE/83=1*1.00 + 6*0.50	permanente	Combinación lineal
230	ELS:FRE/84=1*1.00 + 7*0.50	permanente	Combinación lineal
231	ELS:FRE/85=1*1.00 + 8*0.50	permanente	Combinación lineal
232	ELS:FRE/86=1*1.00 + 9*0.50	permanente	Combinación lineal
233	ELS:FRE/87=1*1.00 + 10*0.50	permanente	Combinación lineal
234	ELS:FRE/88=1*1.00 + 11*0.50	permanente	Combinación lineal
235	ELS:FRE/89=1*1.00 + 12*0.50	permanente	Combinación lineal
236	ELS:FRE/90=1*1.00 + 2*0.30 + 3*0.50	permanente	Combinación lineal
237	ELS:FRE/91=1*1.00 + 2*0.30 + 5*0.50	permanente	Combinación lineal
238	ELS:FRE/92=1*1.00 + 2*0.30 + 6*0.50	permanente	Combinación lineal
239	ELS:FRE/93=1*1.00 + 2*0.30 + 7*0.50	permanente	Combinación lineal
240	ELS:FRE/94=1*1.00 + 2*0.30 + 8*0.50	permanente	Combinación lineal
241	ELS:FRE/95=1*1.00 + 2*0.30 + 9*0.50	permanente	Combinación lineal
242	ELS:FRE/96=1*1.00 + 2*0.30 + 10*0.50	permanente	Combinación lineal
243	ELS:FRE/97=1*1.00 + 2*0.30 + 11*0.50	permanente	Combinación lineal
244	ELS:FRE/98=1*1.00 + 2*0.30 + 12*0.50	permanente	Combinación lineal
245	ELS:FRE/99=1*1.00 + 4*0.30 + 3*0.50	permanente	Combinación lineal
246	ELS:FRE/100=1*1.00 + 4*0.30 + 5*0.50	permanente	Combinación lineal
247	ELS:FRE/101=1*1.00 + 4*0.30 + 6*0.50	permanente	Combinación lineal
248	ELS:FRE/102=1*1.00 + 4*0.30 + 7*0.50	permanente	Combinación lineal
249	ELS:FRE/103=1*1.00 + 4*0.30 + 8*0.50	permanente	Combinación lineal
250	ELS:FRE/104=1*1.00 + 4*0.30 + 9*0.50	permanente	Combinación lineal
251	ELS:FRE/105=1*1.00 + 4*0.30 + 10*0.50	permanente	Combinación lineal
252	ELS:FRE/106=1*1.00 + 4*0.30 + 11*0.50	permanente	Combinación lineal
253	ELS:FRE/107=1*1.00 + 4*0.30 + 12*0.50	permanente	Combinación lineal
254	ELS/108=1*1.00 + 2*0.30 + 4*0.30	permanente	Combinación lineal
255	ELS/109=1*1.00	permanente	Combinación lineal
256	ELS/110=1*1.00 + 2*0.30	permanente	Combinación lineal
257	ELS/111=1*1.00 + 4*0.30	permanente	Combinación lineal

2.3.4 PERFILES

Finalmente, se realiza el cálculo de la estructura, y se dimensionan los perfiles agrupados de la siguiente forma:

- Grupo 1: Cordones.
- Grupo 2: Montantes.
- Grupo 3: Correas.
- Grupo 4: Diagonales.
- Grupo 5: Diagonales inferiores.
- Grupo 6: Soporte del tambor de cola.
- Grupo 7: Soporte del tambor de inflexión.
- Grupo 8: Soporte del tambor de cabeza.
- Grupo 9: Diagonales del tambor de cola.
- Grupo 10: Montantes del tambor de cabeza.
- Grupo 11: Montantes del soporte del tambor de cabeza.
- Grupo 12: Montantes del soporte del tambor de cola.
- Grupo 13: Diagonales del tambor de inflexión.
- Grupo 14: Pilares soporte.
- Grupo 15: Diagonales de los soportes.
- Grupo 16: Correas de los soportes.
- Grupo 17: Soportes inclinados.
- Grupo 18: Arriostramiento de los soportes.
- Grupo 19: Vigas de la pasarela.
- Grupo 20: Diagonales de la pasarela.
- Grupo 21: Barra inclinada del motor.
- Grupo 22: Soporte del motor.

Una vez calculada la estructura, el programa dimensiona las barras optimizando la selección según el peso de los perfiles, y los verifica, devolviendo los siguientes informes detallados, que muestran si los perfiles escogidos cumplen con las condiciones y si son correctos para la estructura de la cinta, en función de los esfuerzos que reciben y de su comportamiento frente al pandeo.

Dimensionamiento de las barras por grupos para el caso de ELU (Estado Límite Último):

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras con optimización

GRUPO: 1 Cordones

BARRA: 141 Cordones_141

PUNTOS: 1

COORDENADA: $x = 0.44 L =$

2.96 m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 \cdot 1 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 150x4

$h = 15.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 15.0 \text{ cm}$	$A_y = 11.43 \text{ cm}^2$	$A_z = 11.43 \text{ cm}^2$	$A_x = 22.87 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.4 \text{ cm}$	$I_y = 803.20 \text{ cm}^4$	$I_z = 803.20 \text{ cm}^4$	$I_x = 1266.00 \text{ cm}^4$
$t_f = 0.4 \text{ cm}$	$W_{ply} = 127.93 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 127.93 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N, Ed = 181.74 \text{ kN}$	$M_y, Ed = -10.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_z, Ed = 3.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_y, Ed = 3.30 \text{ kN}$
$N_c, Rd = 628.80 \text{ kN}$	$M_y, Ed, max = -10.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$		$M_z, Ed, max = 3.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$
	$V_y, T, Rd = 158.62 \text{ kN}$		
$N_b, Rd = 288.31 \text{ kN}$	$M_y, c, Rd = 35.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_z, c, Rd = 35.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_z, Ed = 12.33 \text{ kN}$
	$MN_y, Rd = 32.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_z, Rd = 32.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_z, T, Rd = 158.62 \text{ kN}$
			$T_t, Ed = -3.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 2



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 6.80 \text{ m}$	$Lam_y = 1.32$
$L_{cr,y} = 6.80 \text{ m}$	$X_y = 0.46$
$L_{amy} = 114.72$	$k_{yy} = 0.81$



respecto al eje z:

$L_z = 6.80 \text{ m}$	$Lam_z = 1.32$
$L_{cr,z} = 6.80 \text{ m}$	$X_z = 0.46$
$L_{amz} = 114.72$	$k_{yz} = 0.63$

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.29 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.32 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.11 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.83} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.83} = 0.14 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.13 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.13 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{y,Ed} = 114.72 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 114.72 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.93 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.89 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).

TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras con optimización

GRUPO: 2 Montantes

BARRA: 680 Montantes_680
1.00 m

PUNTOS: 5

COORDENADA: x = 1.00 L =

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 13 ELU/1=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 1*1.35+(2+4)*1.50

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 70x3.2

h=7.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=7.0 cm	Ay=4.25 cm ²	Az=4.25 cm ²	Ax=8.50 cm ²
tw=0.3 cm	Iy=62.99 cm ⁴	Iz=62.99 cm ⁴	Ix=97.44 cm ⁴
tf=0.3 cm	Wply=21.44 cm ³	Wplz=21.44 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = -23.75 kN	M _{y,Ed} = 5.09 kN*m	M _{z,Ed} = -0.07 kN*m	V _{y,Ed} = 0.36 kN
N _{t,Rd} = 233.78 kN	M _{y,pl,Rd} = 5.89 kN*m	M _{z,pl,Rd} = 5.89 kN*m	V _{y,T,Rd} = 66.34 kN
	M _{y,c,Rd} = 5.89 kN*m	M _{z,c,Rd} = 5.89 kN*m	V _{z,Ed} = 17.49 kN
	M _{N,y,Rd} = 5.89 kN*m	M _{N,z,Rd} = 5.89 kN*m	V _{z,T,Rd} = 66.34 kN
			T _{t,Ed} = -0.08 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:



respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.10 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.86 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.68} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.68} = 0.78 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.26 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(\tau_{xy}/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(\tau_{xz}/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 3 Correas**BARRA:** 940 Barra_940**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 1.00 L =

1.20 m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: T CAR 28x4**

h=2.8 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=2.8 cm

Ay=1.88 cm²Az=1.88 cm²Ax=3.76 cm²

tw=0.4 cm

Iy=3.54 cm⁴Iz=3.54 cm⁴Ix=5.84 cm⁴

tf=0.4 cm

Wply=3.49 cm³Wplz=3.49 cm³**FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:**N_{Ed} = 0.01 kNM_{y,Ed} = -0.39 kN*mM_{z,Ed} = 0.00 kN*mV_{y,Ed} = -0.00 kNN_{c,Rd} = 103.48 kNM_{y,Ed,max} = -0.39 kN*mM_{z,Ed,max} = 0.00 kN*mV_{y,T,Rd} = 29.61 kNN_{b,Rd} = 42.05 kNM_{y,c,Rd} = 0.96 kN*mM_{z,c,Rd} = 0.96 kN*mV_{z,Ed} = -0.67 kNM_{N,y,Rd} = 0.96 kN*mM_{N,z,Rd} = 0.96 kN*mV_{z,T,Rd} = 29.61 kNT_{t,Ed} = 0.01 kN*m

CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**



respecto al eje y:

$L_y = 1.20 \text{ m}$ $L_{m_y} = 1.42$
 $L_{cr,y} = 1.20 \text{ m}$ $X_y = 0.41$
 $L_{m_y} = 123.63$ $k_{yy} = 1.00$



respecto al eje z:

$L_z = 1.20 \text{ m}$ $L_{m_z} = 1.42$
 $L_{cr,z} = 1.20 \text{ m}$ $X_z = 0.41$
 $L_{m_z} = 123.63$ $k_{yz} = 0.60$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.41 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.23 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{b,y} = 123.63 < \lambda_{bda,max} = 210.00$ $\lambda_{b,z} = 123.63 < \lambda_{bda,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.41 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.25 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.](#)**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 4 Diagonales**BARRA:** 502 Diagonales_502**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** $x = 1.00$ $L = 1.56 \text{ m}$ **CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 45x3.2**

$h = 4.5 \text{ cm}$ $g_{M0} = 1.00$ $g_{M1} = 1.00$
 $b = 4.5 \text{ cm}$ $A_y = 2.65 \text{ cm}^2$ $A_z = 2.65 \text{ cm}^2$ $A_x = 5.30 \text{ cm}^2$
 $t_w = 0.3 \text{ cm}$ $I_y = 15.33 \text{ cm}^4$ $I_z = 15.33 \text{ cm}^4$ $I_x = 24.14 \text{ cm}^4$
 $t_f = 0.3 \text{ cm}$ $W_{ply} = 8.40 \text{ cm}^3$ $W_{plz} = 8.40 \text{ cm}^3$

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 95.78 \text{ kN}$ $M_{y,Ed} = -0.07 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $M_{z,Ed} = 0.12 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $V_{y,Ed} = -0.05 \text{ kN}$
 $N_{c,Rd} = 145.78 \text{ kN}$ $M_{y,Ed,max} = -0.07 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $M_{z,Ed,max} = 0.12 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $V_{y,T,Rd} = 41.66 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 111.97 \text{ kN}$ $M_{y,c,Rd} = 2.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 2.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = -0.05 \text{ kN}$
 $MN_{y,Rd} = 1.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $MN_{z,Rd} = 1.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{z,T,Rd} = 41.66 \text{ kN}$
 $T_{t,Ed} = 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$
CLASE DE LA SECCION
 = 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 1.56 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.85$
 $L_{cr,y} = 1.25 \text{ m}$ $X_y = 0.77$
 $\lambda_{m,y} = 73.48$ $k_{zy} = 1.24$



respecto al eje z:

$L_z = 1.56 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 0.85$
 $L_{cr,z} = 1.25 \text{ m}$ $X_z = 0.77$
 $\lambda_{m,z} = 73.48$ $k_{zz} = 1.26$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.66 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.07 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.12 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{3.24} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{3.24} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{m,y} = 73.48 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 73.48 < \lambda_{m,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.95 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.96 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.](#)**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 5 Diagonales inferiores**BARRA:** 675 Diagonales_675 **PUNTOS:** 1**COORDENADA:** $x = 0.00 \text{ L} = 0.00 \text{ m}$ **CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 \cdot 1 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$

**PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 28x4**

h=2.8 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=2.8 cm	Ay=1.88 cm ²	Az=1.88 cm ²	Ax=3.76 cm ²
tw=0.4 cm	Iy=3.54 cm ⁴	Iz=3.54 cm ⁴	Ix=5.84 cm ⁴
tf=0.4 cm	Wply=3.49 cm ³	Wplz=3.49 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = 6.10 kN	My _{Ed} = -0.04 kN*m	Mz _{Ed} = -0.00 kN*m	Vy _{Ed} = -0.00 kN
N _{c,Rd} = 103.48 kN	My _{Ed,max} = -0.04 kN*m	Mz _{Ed,max} = 0.00 kN*m	Vy _{T,Rd} = 29.86 kN
N _{b,Rd} = 30.51 kN	My _{c,Rd} = 0.96 kN*m	Mz _{c,Rd} = 0.96 kN*m	Vz _{Ed} = 0.05 kN
	MN _{y,Rd} = 0.96 kN*m	MN _{z,Rd} = 0.96 kN*m	Vz _{T,Rd} = 29.86 kN
			Tt _{Ed} = 0.00 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

Ly = 1.81 m	Lam _y = 1.71
Lcr,y = 1.44 m	Xy = 0.29
Lamy = 148.88	kyy = 0.89



respecto al eje z:

Lz = 1.81 m	Lam _z = 1.71
Lcr,z = 1.44 m	Xz = 0.29
Lamz = 148.88	kyz = 0.41

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $My_{Ed}/MN_{y,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz_{Ed}/MN_{z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My_{Ed}/MN_{y,Rd})^{1.67} + (Mz_{Ed}/MN_{z,Rd})^{1.67} = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy_{Ed}/Vy_{T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz_{Ed}/Vz_{T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(fy/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(fy/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{y} = 148.88 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 148.88 < \lambda_{z,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(Xy \cdot N_{Rk}/gM1) + kyy \cdot My_{Ed,max}/(XLT \cdot My_{Rk}/gM1) + kyz \cdot Mz_{Ed,max}/(Mz_{Rk}/gM1) = 0.24 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(Xz \cdot N_{Rk}/gM1) + kzy \cdot My_{Ed,max}/(XLT \cdot My_{Rk}/gM1) + kzz \cdot Mz_{Ed,max}/(Mz_{Rk}/gM1) = 0.23 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 6 Soporte del tambor de cola**BARRA:** 83 Soportes tambores_83 **PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 0.57 L =

0.66 m

CARGAS:Caso de carga más desfavorable: $65 \text{ ELU}/53 = 1 \cdot 0.80 + 4 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 0.80 + 4 \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 80**

$h=8.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=4.6 \text{ cm}$	$A_y=5.38 \text{ cm}^2$	$A_z=3.58 \text{ cm}^2$	$A_x=7.64 \text{ cm}^2$
$tw=0.4 \text{ cm}$	$I_y=80.14 \text{ cm}^4$	$I_z=8.49 \text{ cm}^4$	$I_x=0.70 \text{ cm}^4$
$tf=0.5 \text{ cm}$	$W_{ply}=23.22 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=5.82 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 19.96 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 0.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.00 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 210.19 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 0.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 85.40 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 92.82 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 6.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 1.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.00 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 6.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 1.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 56.79 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 1.16 \text{ m}$	$Lam_y = 0.41$
$L_{cr,y} = 1.16 \text{ m}$	$X_y = 0.95$
$L_{amy} = 35.89$	$kzy = 0.41$



respecto al eje z:

$L_z = 1.16 \text{ m}$	$Lam_z = 1.27$
$L_{cr,z} = 1.16 \text{ m}$	$X_z = 0.44$
$Lamz = 110.26$	$kzz = 0.82$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.09 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.12 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^2 = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{y,Ed} = 35.89 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 110.26 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.20 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.26 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras con optimización

GRUPO: 7 Soporte del tambor de inflexión

BARRA: 712

PUNTOS: 1

COORDENADA: $x = 0.00 L =$

0.00 m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: T-CAR 70x3.2

$h = 7.0 \text{ cm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 7.0 \text{ cm}$

$A_y = 4.25 \text{ cm}^2$

$A_z = 4.25 \text{ cm}^2$

$A_x = 8.50 \text{ cm}^2$

$tw = 0.3 \text{ cm}$

$I_y = 62.99 \text{ cm}^4$

$I_z = 62.99 \text{ cm}^4$

$I_x = 97.44 \text{ cm}^4$

$tf = 0.3 \text{ cm}$

$W_{ply} = 21.44 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 21.44 \text{ cm}^3$

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = -2.15 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = -4.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} = -0.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{y,Ed} = -0.09 \text{ kN}$

$N_{t,Rd} = 233.78 \text{ kN}$

$M_{y,pl,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,pl,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{y,T,Rd} = 65.93 \text{ kN}$

$M_{y,c,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,c,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,Ed} = 14.91 \text{ kN}$

$M_{N,y,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{N,z,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,T,Rd} = 65.93 \text{ kN}$

$T_{t,Ed} = 0.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$

CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.79 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.68 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$

$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$

$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.23 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$

$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6)$

$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6)$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras con optimización

GRUPO: 8 Soporte del tambor de cabeza

BARRA: 875
0.19 m

PUNTOS: 1

COORDENADA: $x = 0.17 L =$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 100

$h=10.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=5.5 \text{ cm}$	$A_y=7.26 \text{ cm}^2$	$A_z=5.08 \text{ cm}^2$	$A_x=10.32 \text{ cm}^2$
$t_w=0.4 \text{ cm}$	$I_y=171.01 \text{ cm}^4$	$I_z=15.92 \text{ cm}^4$	$I_x=1.10 \text{ cm}^4$
$t_f=0.6 \text{ cm}$	$W_{ply}=39.41 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=9.15 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 6.40 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -3.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = 0.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.22 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 283.89 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -5.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = -1.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 114.78 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 155.73 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 10.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 2.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 6.12 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 10.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 2.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 80.45 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 1.16 \text{ m}$	$\lambda_{m_y} = 0.33$
$L_{cr,y} = 1.16 \text{ m}$	$X_y = 0.97$
$\lambda_{my} = 28.55$	$k_{yy} = 0.69$



respecto al eje z:

$L_z = 1.16 \text{ m}$	$\lambda_{m_z} = 1.08$
$L_{cr,z} = 1.16 \text{ m}$	$X_z = 0.55$
$\lambda_{mz} = 93.57$	$k_{yz} = 0.57$

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.31 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.14 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{y,Ed} = 28.55 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 93.57 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.65 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.64 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** *UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.***TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 9 Diagonales del tambor de cola**BARRA:** 85 Diagonales_85 **PUNTOS:** 1**COORDENADA:** x = 0.00 L = 0.00 m**CARGAS:***Caso de carga más desfavorable:* 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50**MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 28x4**

h=2.8 cm	$g_{M0}=1.00$	$g_{M1}=1.00$	
b=2.8 cm	$A_y=1.88 \text{ cm}^2$	$A_z=1.88 \text{ cm}^2$	$A_x=3.76 \text{ cm}^2$
tw=0.4 cm	$I_y=3.54 \text{ cm}^4$	$I_z=3.54 \text{ cm}^4$	$I_x=5.84 \text{ cm}^4$
tf=0.4 cm	$W_{ply}=3.49 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=3.49 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 5.73 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.00 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 103.48 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 29.87 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 75.37 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.00 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 29.87 \text{ kN}$
			$Tt_{Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:



respecto al eje z:

$L_y = 0.96 \text{ m}$	$L_{m_y} = 0.91$	$L_z = 0.96 \text{ m}$	$L_{m_z} = 0.91$
$L_{cr,y} = 0.77 \text{ m}$	$X_y = 0.73$	$L_{cr,z} = 0.77 \text{ m}$	$X_z = 0.73$
$L_{m_y} = 78.87$	$k_{yy} = 0.79$	$L_{m_z} = 78.87$	$k_{yz} = 0.43$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.67} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.67} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(\sigma_{yk}/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(\sigma_{zk}/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{b,y} = 78.87 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \lambda_{b,z} = 78.87 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.09 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.08 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 10 Montantes del tambor de cabeza**BARRA:** 877 Montantes tambores_877**PUNTOS:** 1**COORDENADA:** $x = 0.00 \text{ L} = 0.00 \text{ m}$ **CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 80**

$h = 8.0 \text{ cm}$	$g_{M0} = 1.00$	$g_{M1} = 1.00$	
$b = 4.6 \text{ cm}$	$A_y = 5.38 \text{ cm}^2$	$A_z = 3.58 \text{ cm}^2$	$A_x = 7.64 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.4 \text{ cm}$	$I_y = 80.14 \text{ cm}^4$	$I_z = 8.49 \text{ cm}^4$	$I_x = 0.70 \text{ cm}^4$
$t_f = 0.5 \text{ cm}$	$W_{ply} = 23.22 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 5.82 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = -1.39 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 2.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.16 \text{ kN}$
$N_{t,Rd} = 210.19 \text{ kN}$	$M_{y,pl,Rd} = 6.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,pl,Rd} = 1.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 84.92 \text{ kN}$
	$M_{y,c,Rd} = 6.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 1.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -6.28 \text{ kN}$
	$M_{N,y,Rd} = 6.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{N,z,Rd} = 1.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 56.56 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:



PARAMETROS DE PANDEO:

respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.38 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.07 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^1 = 0.21 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.11 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: *UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.***TIPO DE ANÁLISIS:** *Dimensionamiento de grupos de barras con optimización***GRUPO:** 11 Montantes del soporte del tambor de cabeza**BARRA:** 708 Montantes tambores_708**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** $x = 1.00 \text{ L} = 1.00 \text{ m}$ **CARGAS:***Caso de carga más desfavorable:* $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 + 1 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION:** TCAR 80x3.6

h=8.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=8.0 cm

Ay=5.45 cm²Az=5.45 cm²Ax=10.89 cm²

tw=0.4 cm

Iy=106.00 cm⁴Iz=106.00 cm⁴Ix=164.00 cm⁴

tf=0.4 cm

Wply=31.54 cm³Wplz=31.54 cm³**FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:**N_{Ed} = 20.97 kNM_{y,Ed} = -8.07 kN*mM_{z,Ed} = 0.02 kN*mV_{y,Ed} = -0.51 kNN_{c,Rd} = 299.48 kNM_{y,Ed,max} = -8.07 kN*mM_{z,Ed,max} = -0.51 kN*mV_{y,T,Rd} = 86.17 kN

$N_{b,Rd} = 293.07 \text{ kN}$ $M_{y,c,Rd} = 8.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 8.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = -41.14 \text{ kN}$
 $MN_{y,Rd} = 8.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $MN_{z,Rd} = 8.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{z,T,Rd} = 86.17 \text{ kN}$
 $T_{t,Ed} = 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$
CLASE DE LA SECCION
 = 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 1.00 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.30$
 $L_{cr,y} = 0.80 \text{ m}$ $X_y = 0.98$
 $\lambda_{my} = 25.64$ $\chi_{yy} = 0.74$



respecto al eje z:

$L_z = 1.00 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 0.30$
 $L_{cr,z} = 0.80 \text{ m}$ $X_z = 0.98$
 $\lambda_{mz} = 25.64$ $\chi_{yz} = 0.46$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.07 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.93 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.67} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.67} = 0.89 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.48 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(\tau_{xy}/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(\tau_{xz}/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{m,y} = 25.64 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 25.64 < \lambda_{m,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + \chi_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + \chi_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.79 < 1.00$
 (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + \chi_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + \chi_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.53 < 1.00$
 (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 12 Montantes del soporte del tambor de cola**BARRA:** 79 Montantes tambores_79**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** $x = 0.69 \text{ L} = 0.69 \text{ m}$ **CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $65 \text{ ELU}/53 = 1 \cdot 0.80 + 4 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 0.80 + 4 \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$

**PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 35x3.2**

h=3.5 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=3.5 cm	Ay=1.99 cm ²	Az=1.99 cm ²	Ax=3.98 cm ²
tw=0.3 cm	Iy=6.71 cm ⁴	Iz=6.71 cm ⁴	Ix=10.71 cm ⁴
tf=0.3 cm	Wply=4.87 cm ³	Wplz=4.87 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = 3.03 kN	My _{Ed} = 1.27 kN*m	Mz _{Ed} = -0.00 kN*m	Vy _{Ed} = 0.00 kN
N _{c,Rd} = 109.52 kN	My _{Ed,max} = 1.27 kN*m	Mz _{Ed,max} = 0.00 kN*m	Vy _{T,Rd} = 31.61 kN
N _{b,Rd} = 92.34 kN	My _{c,Rd} = 1.34 kN*m	Mz _{c,Rd} = 1.34 kN*m	Vz _{Ed} = 12.09 kN
	MN _{y,Rd} = 1.34 kN*m	MN _{z,Rd} = 1.34 kN*m	Vz _{T,Rd} = 31.61 kN
			Tt _{Ed} = 0.00 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

Ly = 1.00 m	Lam _y = 0.71
Lcr,y = 0.80 m	Xy = 0.84
Lamy = 61.62	kyy = 0.83



respecto al eje z:

Lz = 1.00 m	Lam _z = 0.71
Lcr,z = 0.80 m	Xz = 0.84
Lamz = 61.62	kyz = 0.37

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $My_{Ed}/MN_{y,Rd} = 0.95 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz_{Ed}/MN_{z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My_{Ed}/MN_{y,Rd})^{1.66} + (Mz_{Ed}/MN_{z,Rd})^{1.66} = 0.92 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy_{Ed}/Vy_{T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz_{Ed}/Vz_{T,Rd} = 0.38 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{y} = 61.62 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 61.62 < \lambda_{z,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(Xy*N_{Rk}/gM1) + kyy*My_{Ed,max}/(XLT*My_{Rk}/gM1) + kyz*Mz_{Ed,max}/(Mz_{Rk}/gM1) = 0.82 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(Xz*N_{Rk}/gM1) + kzy*My_{Ed,max}/(XLT*My_{Rk}/gM1) + kzz*Mz_{Ed,max}/(Mz_{Rk}/gM1) = 0.51 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 13 Diagonales inflexion**BARRA:** 940 Barra_940**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 1.00 L =

1.20 m

CARGAS:Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12=1*1.35 + 2*1.50 \quad 1*1.35+2*1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: T-CAR 28x4**

$h=2.8 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=2.8 \text{ cm}$	$A_y=1.88 \text{ cm}^2$	$A_z=1.88 \text{ cm}^2$	$A_x=3.76 \text{ cm}^2$
$tw=0.4 \text{ cm}$	$I_y=3.54 \text{ cm}^4$	$I_z=3.54 \text{ cm}^4$	$I_x=5.84 \text{ cm}^4$
$tf=0.4 \text{ cm}$	$W_{ply}=3.49 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=3.49 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 0.01 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.00 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 103.48 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -0.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 29.61 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 42.05 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.67 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 29.61 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 1.20 \text{ m}$	$Lam_y = 1.42$
$L_{cr,y} = 1.20 \text{ m}$	$X_y = 0.41$
$Lam_y = 123.63$	$k_{yy} = 1.00$



respecto al eje z:

$L_z = 1.20 \text{ m}$	$Lam_z = 1.42$
$L_{cr,z} = 1.20 \text{ m}$	$X_z = 0.41$
$Lam_z = 123.63$	$k_{yz} = 0.60$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.41 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{1.66} = 0.23 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{y,y} = 123.63 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{y,z} = 123.63 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.41 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.25 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras con optimización

GRUPO: 14 Pilares soporte

BARRA: 789 Soportes columnas_789

PUNTOS: 5

COORDENADA: $x = 0.33 L = 4.33 \text{ m}$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: HEB 260

$h = 26.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 26.0 \text{ cm}$	$A_y = 100.74 \text{ cm}^2$	$A_z = 37.59 \text{ cm}^2$	$A_x = 118.44 \text{ cm}^2$
$t_w = 1.0 \text{ cm}$	$I_y = 14919.40 \text{ cm}^4$	$I_z = 5134.52 \text{ cm}^4$	$I_x = 125.00 \text{ cm}^4$
$t_f = 1.8 \text{ cm}$	$W_{ply} = 1283.00 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 602.26 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 121.62 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -1.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = 3.93 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.43 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 3257.21 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 6.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 7.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 1597.70 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 511.37 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 352.82 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 165.62 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -3.53 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 352.82 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 165.62 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 596.50 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 12.99 \text{ m}$	$L_{am_y} = 1.33$
$L_{cr,y} = 12.99 \text{ m}$	$X_y = 0.41$
$L_{amy} = 115.74$	$kzy = 0.40$



respecto al eje z:

$L_z = 12.99 \text{ m}$	$L_{am_z} = 2.27$
$L_{cr,z} = 12.99 \text{ m}$	$X_z = 0.16$
$L_{amz} = 197.30$	$kzz = 0.83$

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{1.00} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{y,Ed} = 115.74 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 197.30 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.14 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.28 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).

TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras con optimización

GRUPO: 15 Diagonales de los soportes

BARRA: 813 Soportes diagonales_813

PUNTOS: 1

COORDENADA: x = 0.00 L = 0.00 m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 13 ELU/1 = 1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 1*1.35 + (2+4)*1.50

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



PARAMETROS DE LA SECCION: T CAR 70x3.2

h=7.0 cm	g _{M0} =1.00	g _{M1} =1.00	
b=7.0 cm	A _y =4.25 cm ²	A _z =4.25 cm ²	A _x =8.50 cm ²
tw=0.3 cm	I _y =62.99 cm ⁴	I _z =62.99 cm ⁴	I _x =97.44 cm ⁴
tf=0.3 cm	W _{ply} =21.44 cm ³	W _{plz} =21.44 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = 53.23 kN	M _{y,Ed} = -0.06 kN*m	M _{z,Ed} = 0.01 kN*m	V _{y,Ed} = 0.01 kN
N _{c,Rd} = 233.78 kN	M _{y,Ed,max} = -0.42 kN*m	M _{z,Ed,max} = -0.03 kN*m	V _{y,T,Rd} = 67.21 kN
N _{b,Rd} = 73.79 kN	M _{y,c,Rd} = 5.89 kN*m	M _{z,c,Rd} = 5.89 kN*m	V _{z,Ed} = 0.10 kN
	M _{N,y,Rd} = 5.89 kN*m	M _{N,z,Rd} = 5.89 kN*m	V _{z,T,Rd} = 67.21 kN
			T _{t,Ed} = -0.02 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

L_y = 4.87 m

Lam_y = 1.65



respecto al eje z:

L_z = 4.87 m

Lam_z = 1.65

Lcr,y = 3.90 m	Xy = 0.32	Lcr,z = 3.90 m	Xz = 0.32
Lamy = 143.26	ky = 1.04	Lamz = 143.26	kyz = 0.46

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.23 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.76} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.76} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{b,y} = 143.26 < \lambda_{b,max} = 210.00$ $\lambda_{b,z} = 143.26 < \lambda_{b,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.80 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.79 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 16 Correas de los soportes**BARRA:** 795 Soportes correas_795 **PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 1.00 L = 1.80 m**CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 160**

h=16.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=8.2 cm	Ay=13.73 cm ²	Az=9.66 cm ²	Ax=20.09 cm ²
tw=0.5 cm	Iy=869.29 cm ⁴	Iz=68.31 cm ⁴	Ix=3.53 cm ⁴
tf=0.7 cm	Wply=123.87 cm ³	Wplz=26.10 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 10.73 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = 0.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.15 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 552.51 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -0.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 217.99 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 287.20 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.14 \text{ kN}$
	$M_{N,y,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{N,z,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 153.32 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 1.80 \text{ m}$ $\text{Lam}_y = 0.32$
 $\text{Lcr}_y = 1.80 \text{ m}$ $X_y = 0.97$
 $\text{Lam}_y = 27.41$ $k_{zy} = 0.47$



respecto al eje z:

$L_z = 1.80 \text{ m}$ $\text{Lam}_z = 1.13$
 $\text{Lcr}_z = 1.80 \text{ m}$ $X_z = 0.52$
 $\text{Lam}_z = 97.76$ $k_{zz} = 0.74$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.03 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\text{Lambda}_y = 27.41 < \text{Lambda}_{max} = 210.00$ $\text{Lambda}_z = 97.76 < \text{Lambda}_{max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.04 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.06 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 17 Soportes inclinados**BARRA:** 763 Soportes inclinados_763**PUNTOS:** 1**COORDENADA:** $x = 0.60 L = 9.83 \text{ m}$ **CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 \cdot 1 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION:** TCAR 200x5

$h = 20.0 \text{ cm}$ $g_{M0} = 1.00$ $g_{M1} = 1.00$
 $b = 20.0 \text{ cm}$ $A_y = 19.11 \text{ cm}^2$ $A_z = 19.11 \text{ cm}^2$ $A_x = 38.23 \text{ cm}^2$

tw=0.5 cm	Iy=2397.00 cm ⁴	Iz=2397.00 cm ⁴	Ix=3769.00 cm ⁴
tf=0.5 cm	Wply=285.25 cm ³	Wplz=285.25 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = 128.47 kN	My _{Ed} = -3.29 kN*m	Mz _{Ed} = -0.76 kN*m	Vy _{Ed} = -0.55 kN
N _{c,Rd} = 1051.25 kN	My _{Ed,max} = -3.29 kN*m	Mz _{Ed,max} = 3.70 kN*m	Vy _{T,Rd} = 299.74 kN
N _{b,Rd} = 168.84 kN	My _{c,Rd} = 78.44 kN*m	Mz _{c,Rd} = 78.44 kN*m	Vz _{Ed} = 1.66 kN
	MN _{y,Rd} = 78.44 kN*m	MN _{z,Rd} = 78.44 kN*m	Vz _{T,Rd} = 299.74 kN
			Tt _{Ed} = -0.74 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

Ly = 16.38 m	Lam _y = 2.38
Lcr,y = 16.38 m	Xy = 0.16
Lamy = 206.90	ky _y = 0.44



respecto al eje z:

Lz = 16.38 m	Lam _z = 2.38
Lcr,z = 16.38 m	Xz = 0.16
Lamz = 206.90	ky _z = 0.91

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.12 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.69} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.69} = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(\tau_y/(\sqrt{3} \cdot gM_0)) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(\tau_z/(\sqrt{3} \cdot gM_0)) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{y,y} = 206.90 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{y,z} = 206.90 < \lambda_{y,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM_1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM_1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM_1) = 0.82 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM_1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM_1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM_1) = 0.82 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 18 Arriostamiento de los soportes**BARRA:** 769 Soportes arriostamientos_769**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 1.00 L = 8.83 m**CARGAS:**

Caso de carga más desfavorable: 24 ELU/12=1*1.35+2*1.50 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 120x3.2**

$h=12.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=12.0 \text{ cm}$	$A_y=7.43 \text{ cm}^2$	$A_z=7.43 \text{ cm}^2$	$A_x=14.86 \text{ cm}^2$
$tw=0.3 \text{ cm}$	$I_y=338.10 \text{ cm}^4$	$I_z=338.10 \text{ cm}^4$	$I_x=516.00 \text{ cm}^4$
$tf=0.3 \text{ cm}$	$W_{ply}=65.50 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=65.50 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = -4.18 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = 0.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.04 \text{ kN}$
$N_{t,Rd} = 408.72 \text{ kN}$	$M_{y,pl,Rd} = 18.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,pl,Rd} = 18.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 117.97 \text{ kN}$
	$M_{y,c,Rd} = 18.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 18.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.52 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 18.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 18.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 117.97 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:*Control de la resistencia de la sección:*

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$
 $\tau_{y,Ed}/(\tau_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$
 $\tau_{z,Ed}/(\tau_z/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Dimensionamiento de grupos de barras con optimización**GRUPO:** 19 Vigas de la pasarela**BARRA:** 934 Viga pasarela_934 **PUNTOS:** 1**COORDENADA:** $x = 0.00 \text{ L} =$

0.00 m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12=1*1.35+2*1.50 \quad 1*1.35+2*1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$

**PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 220**

$h=22.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=11.0 \text{ cm}$	$A_y=22.89 \text{ cm}^2$	$A_z=15.88 \text{ cm}^2$	$A_x=33.37 \text{ cm}^2$
$tw=0.6 \text{ cm}$	$I_y=2771.84 \text{ cm}^4$	$I_z=204.89 \text{ cm}^4$	$I_x=8.86 \text{ cm}^4$
$tf=0.9 \text{ cm}$	$W_{ply}=285.43 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=58.11 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 0.72 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -2.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -1.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -9.97 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 917.69 \text{ kN}$	$M_{y,pl,Rd} = 78.49 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,pl,Rd} = 15.98 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 172.81 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 917.69 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 78.49 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 15.98 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 12.50 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 78.49 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 15.98 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 178.95 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -1.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$\begin{aligned}
 N_{Ed}/N_{c,Rd} &= 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1)) \\
 M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} &= 0.03 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2)) \\
 M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} &= 0.07 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2)) \\
 (M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} &= 0.07 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6)) \\
 V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} &= 0.06 < 1.00 \quad (6.2.6-7) \\
 V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} &= 0.07 < 1.00 \quad (6.2.6-7) \\
 \tau_{ty,Ed}/(\tau_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) &= 0.97 < 1.00 \quad (6.2.6) \\
 \tau_{tz,Ed}/(\tau_z/(\sqrt{3})\cdot gM0) &= 0.62 < 1.00 \quad (6.2.6)
 \end{aligned}$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).

TIPO DE ANÁLISIS: [Dimensionamiento de grupos de barras con optimización](#)

GRUPO: 20 Diagonales de la pasarela

BARRA: 936 Viga pasarela_936 **PUNTOS:** 1
0.00 m

COORDENADA: x = 0.00 L =

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 80x3.2

h=8.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=8.0 cm	Ay=4.89 cm ²	Az=4.89 cm ²	Ax=9.78 cm ²
tw=0.3 cm	Iy=95.85 cm ⁴	Iz=95.85 cm ⁴	Ix=147.70 cm ⁴
tf=0.3 cm	Wply=28.33 cm ³	Wplz=28.33 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = 0.06 kN	My _{Ed} = -6.01 kN*m	Mz _{Ed} = -0.67 kN*m	Vy _{Ed} = -0.56 kN
Nc _{Rd} = 268.98 kN	My _{pl,Rd} = 7.79 kN*m	Mz _{pl,Rd} = 7.79 kN*m	Vy _{T,Rd} = 70.29 kN
Nb _{Rd} = 268.98 kN	My _{c,Rd} = 7.79 kN*m	Mz _{c,Rd} = 7.79 kN*m	Vz _{Ed} = 5.24 kN
	MN _{y,Rd} = 7.79 kN*m	MN _{z,Rd} = 7.79 kN*m	Vz _{T,Rd} = 70.29 kN
			Tt _{Ed} = -0.57 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.77 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.09 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.67 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.07 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.09 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.09 < 1.00$ (6.2.6)

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras con optimización

GRUPO: 21 Barra inclinada del motor

BARRA: 938 Diagonal motor_938 **PUNTOS:** 5
3.28 m

COORDENADA: $x = 1.00 L =$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 * 1.35 + 2 * 1.50 \quad 1 * 1.35 + 2 * 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 90x3.2

$h=9.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=9.0 \text{ cm}$	$A_y=5.53 \text{ cm}^2$	$A_z=5.53 \text{ cm}^2$	$A_x=11.06 \text{ cm}^2$
$tw=0.3 \text{ cm}$	$I_y=138.50 \text{ cm}^4$	$I_z=138.50 \text{ cm}^4$	$I_x=212.80 \text{ cm}^4$
$tf=0.3 \text{ cm}$	$W_{ply}=36.18 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=36.18 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 29.50 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.33 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.46 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 304.15 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 0.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 1.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 84.88 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 188.00 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 9.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 9.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.48 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 9.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 9.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 84.88 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 3.28 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 1.07$
$L_{cr,y} = 3.28 \text{ m}$	$X_y = 0.62$
$\lambda_{m,y} = 92.71$	$k_{zy} = 0.71$



respecto al eje z:

$L_z = 3.28 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 1.07$
$L_{cr,z} = 3.28 \text{ m}$	$X_z = 0.62$
$\lambda_{m,z} = 92.71$	$k_{zz} = 1.10$

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.10 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.68} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.68} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{m,y} = 92.71 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 92.71 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.31 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.33 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

Una vez dimensionados los perfiles se deciden aumentar alguno de ellos con el objetivo de asegurar el espacio de las uniones atornilladas. Los cambios realizados son:

- Cordones: Pasan del perfil TCAR 150x4 a 140x8.
- Todas las diagonales: Pasan del perfil TCAR 45x3.2 al TCAR 50x3.2
- Todos los soportes de los tambores: Pasan del perfil IPE 80 al IPE 160.
- Todos los montantes: Pasan del perfil TCAR 70x3.2 al 100x3.2.
- Todas las correas: Pasan del perfil TCAR 28x3.2 al TCAR 70x3.2.
- Los soportes de los tambores de inflexión: Pasan del perfil TCAR 70x3.2 al IPE 160.

Con los cambios de estos perfiles realizados, se recalcula la estructura y se verifica que con los nuevos perfiles la estructura está bien dimensionada.

Verificación de las barras por grupos para el caso de ELU (Estado Límite Último):

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: *UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 1 Cordones

BARRA: 141 Cordones_141
2.96 m

PUNTOS: 1

COORDENADA: $x = 0.44 L =$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 140x8

$h=14.0 \text{ cm}$	$g_{M0}=1.00$	$g_{M1}=1.00$	
$b=14.0 \text{ cm}$	$A_y=20.16 \text{ cm}^2$	$A_z=20.16 \text{ cm}^2$	$A_x=40.32 \text{ cm}^2$
$t_w=0.8 \text{ cm}$	$I_y=1138.00 \text{ cm}^4$	$I_z=1138.00 \text{ cm}^4$	$I_x=1900.00 \text{ cm}^4$
$t_f=0.8 \text{ cm}$	$W_{ply}=209.34 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=209.34 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 185.40 \text{ kN}$ $M_{y,Ed} = -12.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} = 2.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{y,Ed} = 2.42 \text{ kN}$

$N_{c,Rd} = 1108.72 \text{ kN}$ $M_{y,Ed,max} = -12.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed,max} = 2.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $N_{b,Rd} = 425.28 \text{ kN}$ $V_{y,T,Rd} = 300.10 \text{ kN}$
 $M_{y,c,Rd} = 57.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 57.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = 15.36 \text{ kN}$
 $M_{N,y,Rd} = 57.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{N,z,Rd} = 57.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{z,T,Rd} = 300.10 \text{ kN}$
 $T_{t,Ed} = -2.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 6.80 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 1.47$
 $L_{cr,y} = 6.80 \text{ m}$ $X_y = 0.38$
 $\lambda_{m,y} = 127.97$ $k_{yy} = 0.72$



respecto al eje z:

$L_z = 6.80 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 1.47$
 $L_{cr,z} = 6.80 \text{ m}$ $X_z = 0.38$
 $\lambda_{m,z} = 127.97$ $k_{yz} = 0.54$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.17 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.22 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.71} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.71} = 0.08 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM_0) = 0.06 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM_0) = 0.06 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{m,y} = 127.97 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 127.97 < \lambda_{m,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM_1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM_1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM_1) = 0.62 < 1.00$
 (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM_1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM_1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM_1) = 0.58 < 1.00$
 (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 2 Montantes**BARRA:** 680 Montantes_680**PUNTOS:** 1**COORDENADA:** $x = 0.00 L = 0.00 \text{ m}$ **CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$

**PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 100x3.2**

h=10.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=10.0 cm	Ay=6.15 cm ²	Az=6.15 cm ²	Ax=12.30 cm ²
tw=0.3 cm	Iy=192.30 cm ⁴	Iz=192.30 cm ⁴	Ix=295.00 cm ⁴
tf=0.3 cm	Wply=44.99 cm ³	Wplz=44.99 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = -28.88 kN	My _{Ed} = -7.29 kN*m	Mz _{Ed} = 0.03 kN*m	Vy _{Ed} = 0.08 kN
N _{t,Rd} = 338.32 kN	My _{pl,Rd} = 12.37 kN*m	Mz _{pl,Rd} = 12.37 kN*m	Vy _{T,Rd} = 97.05 kN
	My _{c,Rd} = 12.37 kN*m	Mz _{c,Rd} = 12.37 kN*m	Vz _{Ed} = 25.38 kN
	MN _{y,Rd} = 12.37 kN*m	MN _{z,Rd} = 12.37 kN*m	Vz _{T,Rd} = 97.05 kN
			Tt _{Ed} = -0.06 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:*Control de la resistencia de la sección:*

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.09 < 1.00$ (6.2.3.(1))
$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.59 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.67} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.67} = 0.41 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.26 < 1.00$ (6.2.6-7)
$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)
$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 3 Correas**BARRA:** 940 Barra_940
1.20 m**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 1.00 L =**CARGAS:***Caso de carga más desfavorable:* 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 70x3.2**

$h=7.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=7.0 \text{ cm}$	$Ay=4.25 \text{ cm}^2$	$Az=4.25 \text{ cm}^2$	$Ax=8.50 \text{ cm}^2$
$tw=0.3 \text{ cm}$	$Iy=62.99 \text{ cm}^4$	$Iz=62.99 \text{ cm}^4$	$Ix=97.44 \text{ cm}^4$
$tf=0.3 \text{ cm}$	$Wply=21.44 \text{ cm}^3$	$Wplz=21.44 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 0.18 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -1.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.02 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 233.78 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -1.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 66.90 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 215.50 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -2.82 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 66.90 \text{ kN}$
			$Tt_{Ed} = 0.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 1.20 \text{ m}$	$\Lambda_{m,y} = 0.51$
$L_{cr,y} = 1.20 \text{ m}$	$X_y = 0.92$
$\Lambda_{my} = 44.08$	$k_{yy} = 1.00$



respecto al eje z:

$L_z = 1.20 \text{ m}$	$\Lambda_{m,z} = 0.51$
$L_{cr,z} = 1.20 \text{ m}$	$X_z = 0.92$
$\Lambda_{mz} = 44.08$	$k_{yz} = 0.60$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.29 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.13 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\Lambda_{m,y} = 44.08 < \Lambda_{m,max} = 210.00 \quad \Lambda_{m,z} = 44.08 < \Lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.29 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.18 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 4 Diagonales**BARRA:** 502 Diagonales_502
1.56 m**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** $x = 1.00 L =$ **CARGAS:***Caso de carga más desfavorable:* $24 \text{ ELU}/12 = 1 * 1.35 + 2 * 1.50 \quad 1 * 1.35 + 2 * 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION:** T CAR 45x3.2

$h = 4.5 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 4.5 \text{ cm}$	$A_y = 2.65 \text{ cm}^2$	$A_z = 2.65 \text{ cm}^2$	$A_x = 5.30 \text{ cm}^2$
$tw = 0.3 \text{ cm}$	$I_y = 15.33 \text{ cm}^4$	$I_z = 15.33 \text{ cm}^4$	$I_x = 24.14 \text{ cm}^4$
$tf = 0.3 \text{ cm}$	$W_{ply} = 8.40 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 8.40 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 94.59 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = 0.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.01 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 145.78 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -0.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 41.79 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 111.97 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 2.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 2.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.04 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 1.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 1.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 41.79 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 1.56 \text{ m}$	$\text{Lam}_y = 0.85$
$L_{cr,y} = 1.25 \text{ m}$	$X_y = 0.77$
$L_{amy} = 73.48$	$k_{zy} = 1.49$



respecto al eje z:

$L_z = 1.56 \text{ m}$	$\text{Lam}_z = 0.85$
$L_{cr,z} = 1.25 \text{ m}$	$X_z = 0.77$
$L_{amz} = 73.48$	$k_{zz} = 1.57$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.65 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{3.17} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{3.17} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{b,y} = 73.48 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \lambda_{b,z} = 73.48 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.92 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.92 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 5 Diagonales inferiores

BARRA: 675 Diagonales_675

PUNTOS: 1

COORDENADA: x = 0.00 L =

0.00 m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 13 ELU/1 = 1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 1*1.35 + (2+4)*1.50

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



PARAMETROS DE LA SECCION: T CAR 28x4

h=2.8 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=2.8 cm	Ay=1.88 cm ²	Az=1.88 cm ²	Ax=3.76 cm ²
tw=0.4 cm	Iy=3.54 cm ⁴	Iz=3.54 cm ⁴	Ix=5.84 cm ⁴
tf=0.4 cm	Wply=3.49 cm ³	Wplz=3.49 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 6.43$ kN	$M_{y,Ed} = -0.02$ kN*m	$M_{z,Ed} = -0.00$ kN*m	$V_{y,Ed} = -0.00$ kN
$N_{c,Rd} = 103.48$ kN	$M_{y,Ed,max} = -0.02$ kN*m	$M_{z,Ed,max} = 0.00$ kN*m	$V_{y,T,Rd} = 29.82$ kN
$N_{b,Rd} = 30.51$ kN	$M_{y,c,Rd} = 0.96$ kN*m	$M_{z,c,Rd} = 0.96$ kN*m	$V_{z,Ed} = 0.04$ kN
	$MN_{y,Rd} = 0.96$ kN*m	$MN_{z,Rd} = 0.96$ kN*m	$V_{z,T,Rd} = 29.82$ kN
			$T_{t,Ed} = -0.00$ kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 1.81$ m	$\lambda_{m,y} = 1.71$
$L_{cr,y} = 1.44$ m	$X_y = 0.29$
$\lambda_{m,y} = 148.88$	$k_{yy} = 1.10$



respecto al eje z:

$L_z = 1.81$ m	$\lambda_{m,z} = 1.71$
$L_{cr,z} = 1.44$ m	$X_z = 0.29$
$\lambda_{m,z} = 148.88$	$k_{yz} = 0.43$

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.67} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.67} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(\tau_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(\tau_z/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{y,Ed} = 148.88 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z,Ed} = 148.88 < \lambda_{z,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.24 < 1.00$
 (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.23 < 1.00$
 (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** [Verificación de grupos de barras](#)**GRUPO:** 6 Soporte del tambor de cola**BARRA:** 82 Viga_82**PUNTOS:** 1**COORDENADA:** x = 0.00 L =

0.00 m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 65 ELU/53=1*0.80+4*1.50 1*0.80+4*1.50

MATERIAL:S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa**PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 160**

$h=16.0$ cm	$g_{M0}=1.00$	$g_{M1}=1.00$	
$b=8.2$ cm	$A_y=13.73$ cm ²	$A_z=9.66$ cm ²	$A_x=20.09$ cm ²
$t_w=0.5$ cm	$I_y=869.29$ cm ⁴	$I_z=68.31$ cm ⁴	$I_x=3.53$ cm ⁴
$t_f=0.7$ cm	$W_{ply}=123.87$ cm ³	$W_{plz}=26.10$ cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 18.44$ kN	$M_{y,Ed} = 2.45$ kN*m	$M_{z,Ed} = -0.00$ kN*m	$V_{y,Ed} = -0.00$ kN
$N_{c,Rd} = 552.51$ kN	$M_{y,Ed,max} = 2.45$ kN*m	$M_{z,Ed,max} = -0.00$ kN*m	$V_{y,T,Rd} = 218.01$ kN
$N_{b,Rd} = 424.82$ kN	$M_{y,c,Rd} = 34.06$ kN*m	$M_{z,c,Rd} = 7.18$ kN*m	$V_{z,Ed} = -1.46$ kN
	$M_{N,y,Rd} = 34.06$ kN*m	$M_{N,z,Rd} = 7.18$ kN*m	$V_{z,T,Rd} = 153.33$ kN
			$T_{t,Ed} = 0.00$ kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:**

PARAMETROS DE PANDEO:

respecto al eje y:

$L_y = 1.16 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.20$
 $L_{cr,y} = 1.16 \text{ m}$ $X_y = 1.00$
 $\lambda_{m,y} = 17.67$ $k_{yy} = 0.79$



respecto al eje z:

$L_z = 1.16 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 0.73$
 $L_{cr,z} = 1.16 \text{ m}$ $X_z = 0.77$
 $\lambda_{m,z} = 63.02$ $k_{yz} = 0.54$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.07 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^1 = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{m,y} = 17.67 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 63.02 < \lambda_{m,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0.09 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0.07 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 7 Soporte del tambor de inflexion**BARRA:** 712
0.66 m**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 1.00 L =**CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 160**

$h = 16.0 \text{ cm}$ $g_{M0} = 1.00$ $g_{M1} = 1.00$
 $b = 8.2 \text{ cm}$ $A_y = 13.73 \text{ cm}^2$ $A_z = 9.66 \text{ cm}^2$ $A_x = 20.09 \text{ cm}^2$
 $t_w = 0.5 \text{ cm}$ $I_y = 869.29 \text{ cm}^4$ $I_z = 68.31 \text{ cm}^4$ $I_x = 3.53 \text{ cm}^4$
 $t_f = 0.7 \text{ cm}$ $W_{ply} = 123.87 \text{ cm}^3$ $W_{plz} = 26.10 \text{ cm}^3$

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 10.28 \text{ kN}$ $M_{y,Ed} = 9.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} = -0.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{y,Ed} = -0.03 \text{ kN}$
 $N_{c,Rd} = 552.51 \text{ kN}$ $M_{y,Ed,max} = 9.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed,max} = -0.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{y,T,Rd} = 217.83 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 508.96 \text{ kN}$ $M_{y,c,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,c,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{z,Ed} = 22.83 \text{ kN}$
 $MN_{y,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $MN_{z,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $V_{z,T,Rd} = 153.24 \text{ kN}$
 $T_{t,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
CLASE DE LA SECCION
 = 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 0.66 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.12$
 $L_{cr,y} = 0.66 \text{ m}$ $X_y = 1.00$
 $\lambda_{my} = 10.03$ $k_{yy} = 0.64$



respecto al eje z:

$L_z = 0.66 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 0.41$
 $L_{cr,z} = 0.66 \text{ m}$ $X_z = 0.92$
 $\lambda_{mz} = 35.79$ $k_{yz} = 0.62$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.28 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.08 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.15 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(\tau_{xy}/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(\tau_{xz}/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{m,y} = 10.03 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 35.79 < \lambda_{m,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.20 < 1.00$
 (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.12 < 1.00$
 (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 8 Soporte del tambor de cabeza**BARRA:** 875
0.00 m**PUNTOS:** 1**COORDENADA:** x = 0.00 L =**CARGAS:**

Caso de carga más desfavorable: 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$

**PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 160**

h=16.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=8.2 cm	Ay=13.73 cm ²	Az=9.66 cm ²	Ax=20.09 cm ²
tw=0.5 cm	Iy=869.29 cm ⁴	Iz=68.31 cm ⁴	Ix=3.53 cm ⁴
tf=0.7 cm	Wply=123.87 cm ³	Wplz=26.10 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = 13.03 kN	My _{Ed} = -9.52 kN*m	Mz _{Ed} = -0.29 kN*m	Vy _{Ed} = 4.12 kN
N _{c,Rd} = 552.51 kN	My _{Ed,max} = -9.52 kN*m	Mz _{Ed,max} = -1.08 kN*m	Vy _{T,Rd} = 216.39 kN
N _{b,Rd} = 424.82 kN	My _{c,Rd} = 34.06 kN*m	Mz _{c,Rd} = 7.18 kN*m	Vz _{Ed} = 13.37 kN
	MN _{y,Rd} = 34.06 kN*m	MN _{z,Rd} = 7.18 kN*m	Vz _{T,Rd} = 152.56 kN
			Tt _{Ed} = -0.01 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

Ly = 1.16 m	Lam _y = 0.20
Lcr,y = 1.16 m	Xy = 1.00
Lamy = 17.67	kyy = 0.66



respecto al eje z:

Lz = 1.16 m	Lam _z = 0.73
Lcr,z = 1.16 m	Xz = 0.77
Lamz = 63.02	kyz = 0.45

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $My_{Ed}/MN_{y,Rd} = 0.28 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz_{Ed}/MN_{z,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My_{Ed}/MN_{y,Rd})^{2.00} + (Mz_{Ed}/MN_{z,Rd})^{1.00} = 0.12 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy_{Ed}/Vy_{T,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz_{Ed}/Vz_{T,Rd} = 0.09 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.02 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{y} = 17.67 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 63.02 < \lambda_{z,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(Xy*N_{Rk}/gM1) + kyy*My_{Ed,max}/(XLT*My_{Rk}/gM1) + kyz*Mz_{Ed,max}/(Mz_{Rk}/gM1) = 0.28 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(Xz*N_{Rk}/gM1) + kzy*My_{Ed,max}/(XLT*My_{Rk}/gM1) + kzz*Mz_{Ed,max}/(Mz_{Rk}/gM1) = 0.23 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 9 Diagonales del tambor de cola**BARRA:** 84 Diagonales_84**PUNTOS:** 1**COORDENADA:** x = 0.00 L =

0.00 m

CARGAS:Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 28x4**

$h = 2.8 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 2.8 \text{ cm}$	$A_y = 1.88 \text{ cm}^2$	$A_z = 1.88 \text{ cm}^2$	$A_x = 3.76 \text{ cm}^2$
$tw = 0.4 \text{ cm}$	$I_y = 3.54 \text{ cm}^4$	$I_z = 3.54 \text{ cm}^4$	$I_x = 5.84 \text{ cm}^4$
$tf = 0.4 \text{ cm}$	$W_{ply} = 3.49 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 3.49 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 4.86 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.00 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 103.48 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 29.87 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 75.37 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 0.01 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 29.87 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 0.96 \text{ m}$	$\text{Lam}_y = 0.91$
$L_{cr,y} = 0.77 \text{ m}$	$X_y = 0.73$
$\text{Lam}_y = 78.87$	$k_{yy} = 0.92$



respecto al eje z:

$L_z = 0.96 \text{ m}$	$\text{Lam}_z = 0.91$
$L_{cr,z} = 0.77 \text{ m}$	$X_z = 0.73$
$\text{Lam}_z = 78.87$	$k_{yz} = 0.45$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{y,Ed} = 78.87 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 78.87 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.07 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.07 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 10 Montantes del tambor de cabeza

BARRA: 877 Montantes tambores_877

PUNTOS: 1

COORDENADA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 160

$h=16.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=8.2 \text{ cm}$	$A_y=13.73 \text{ cm}^2$	$A_z=9.66 \text{ cm}^2$	$A_x=20.09 \text{ cm}^2$
$t_w=0.5 \text{ cm}$	$I_y=869.29 \text{ cm}^4$	$I_z=68.31 \text{ cm}^4$	$I_x=3.53 \text{ cm}^4$
$t_f=0.7 \text{ cm}$	$W_{ply}=123.87 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=26.10 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = -3.58 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 5.82 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.17 \text{ kN}$
$N_{t,Rd} = 552.51 \text{ kN}$	$M_{y,pl,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,pl,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 217.54 \text{ kN}$
	$M_{y,c,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -14.80 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 153.11 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$\begin{aligned}
 N_{Ed}/N_{t,Rd} &= 0.01 < 1.00 \quad (6.2.3.(1)) \\
 M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} &= 0.17 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2)) \\
 M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} &= 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2)) \\
 (M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^1 &= 0.04 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6)) \\
 V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} &= 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7) \\
 V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} &= 0.10 < 1.00 \quad (6.2.6-7) \\
 \tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) &= 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6) \\
 \tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) &= 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)
 \end{aligned}$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 11 Montantes del soporte del tambor de cabeza

BARRA: 708 Montantes tambores_708

PUNTOS: 5

COORDENADA: $x = 1.00$ $L = 1.00$ m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 100x3.2

$h=10.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=10.0$ cm	$A_y=6.15$ cm ²	$A_z=6.15$ cm ²	$A_x=12.30$ cm ²
$t_w=0.3$ cm	$I_y=192.30$ cm ⁴	$I_z=192.30$ cm ⁴	$I_x=295.00$ cm ⁴
$t_f=0.3$ cm	$W_{ply}=44.99$ cm ³	$W_{plz}=44.99$ cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 18.66$ kN	$M_{y,Ed} = -8.48$ kN*m	$M_{z,Ed} = 0.09$ kN*m	$V_{y,Ed} = -0.59$ kN
$N_{c,Rd} = 338.32$ kN	$M_{y,Ed,max} = -8.48$ kN*m	$M_{z,Ed,max} = -0.57$ kN*m	$V_{y,T,Rd} = 97.23$ kN
$N_{b,Rd} = 335.85$ kN	$M_{y,c,Rd} = 12.37$ kN*m	$M_{z,c,Rd} = 12.37$ kN*m	$V_{z,Ed} = -49.24$ kN
	$M_{y,V,Rd} = 12.37$ kN*m	$M_{N,z,Rd} = 12.37$ kN*m	$V_{z,T,Rd} = 97.23$ kN
			$T_{t,Ed} = -0.04$ kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 1.00$ m	$\lambda_{m,y} = 0.23$
$L_{cr,y} = 0.80$ m	$X_y = 0.99$
$\lambda_{m,y} = 20.23$	$k_{yy} = 0.73$



respecto al eje z:

$L_z = 1.00$ m	$\lambda_{m,z} = 0.23$
$L_{cr,z} = 0.80$ m	$X_z = 0.99$
$\lambda_{m,z} = 20.23$	$k_{yz} = 0.45$

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,V,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.69 < 1.00 \quad (6.2.8)$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.69 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.67} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.67} = 0.53 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.51 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{y,Ed} = 20.23 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 20.23 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.58 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.39 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: *UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 12 Montantes del soporte del tambor de cola

BARRA: 78 Montantes tambores_78

PUNTOS: 1

COORDENADA: $x = 0.69 L = 0.69 \text{ m}$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $65 \text{ ELU}/53 = 1 \cdot 0.80 + 4 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 0.80 + 4 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 100x3.2

$h=10.0 \text{ cm}$

$g_{M0}=1.00$

$g_{M1}=1.00$

$b=10.0 \text{ cm}$

$A_y=6.15 \text{ cm}^2$

$A_z=6.15 \text{ cm}^2$

$A_x=12.30 \text{ cm}^2$

$t_w=0.3 \text{ cm}$

$I_y=192.30 \text{ cm}^4$

$I_z=192.30 \text{ cm}^4$

$I_x=295.00 \text{ cm}^4$

$t_f=0.3 \text{ cm}$

$W_{ply}=44.99 \text{ cm}^3$

$W_{plz}=44.99 \text{ cm}^3$

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 2.96 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = 1.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{y,Ed} = -0.01 \text{ kN}$

$N_{c,Rd} = 338.32 \text{ kN}$

$M_{y,Ed,max} = 1.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed,max} = -0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{y,T,Rd} = 97.66 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 335.85 \text{ kN}$

$M_{y,c,Rd} = 12.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,c,Rd} = 12.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,Ed} = -10.79 \text{ kN}$

$M_{N,y,Rd} = 12.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{N,z,Rd} = 12.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,T,Rd} = 97.66 \text{ kN}$

$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 1.00 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.23$
 $L_{cr,y} = 0.80 \text{ m}$ $X_y = 0.99$
 $\lambda_{m,y} = 20.23$ $k_{yy} = 0.90$



respecto al eje z:

$L_z = 1.00 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 0.23$
 $L_{cr,z} = 0.80 \text{ m}$ $X_z = 0.99$
 $\lambda_{m,z} = 20.23$ $k_{yz} = 0.38$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.15 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.11 < 1.00$ (6.2.6-7)

$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{m,y} = 20.23 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 20.23 < \lambda_{m,max} = 210.00$ ESTABLE

$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.15 < 1.00$ (6.3.3.(4))

$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.09 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO**

NORMA: [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 13 Diagonales inflexion

BARRA: 940 Barra_940

PUNTOS: 5

COORDENADA: $x = 1.00 \text{ L} =$

1.20 m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$

**PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 70x3.2**

$h = 7.0 \text{ cm}$	$g_{M0} = 1.00$	$g_{M1} = 1.00$	
$b = 7.0 \text{ cm}$	$A_y = 4.25 \text{ cm}^2$	$A_z = 4.25 \text{ cm}^2$	$A_x = 8.50 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.3 \text{ cm}$	$I_y = 62.99 \text{ cm}^4$	$I_z = 62.99 \text{ cm}^4$	$I_x = 97.44 \text{ cm}^4$
$t_f = 0.3 \text{ cm}$	$W_{ply} = 21.44 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 21.44 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 0.18 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -1.70 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.02 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 233.78 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -1.70 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 66.90 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 215.50 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 5.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 5.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z,Ed} = -2.82 \text{ kN}$

$$MN_{y,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$MN_{z,Rd} = 5.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{z,T,Rd} = 66.90 \text{ kN}$$

$$T_{t,Ed} = 0.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$$L_y = 1.20 \text{ m}$$

$$\lambda_{m,y} = 0.51$$

$$L_{cr,y} = 1.20 \text{ m}$$

$$X_y = 0.92$$

$$\lambda_{m,y} = 44.08$$

$$k_{yy} = 1.00$$



respecto al eje z:

$$L_z = 1.20 \text{ m}$$

$$\lambda_{m,z} = 0.51$$

$$L_{cr,z} = 1.20 \text{ m}$$

$$X_z = 0.92$$

$$\lambda_{m,z} = 44.08$$

$$k_{yz} = 0.60$$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.29 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.13 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{m,y} = 44.08 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 44.08 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.29 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.18 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 14 Pilares soporte**BARRA:** 729 Soportes columnas_729**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 1.00 L = 12.01 m**CARGAS:**

Caso de carga más desfavorable: 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$

**PARAMETROS DE LA SECCION: HEB 260**

h=26.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=26.0 cm	Ay=100.74 cm ²	Az=37.59 cm ²	Ax=118.44 cm ²
tw=1.0 cm	Iy=14919.40 cm ⁴	Iz=5134.52 cm ⁴	Ix=125.00 cm ⁴
tf=1.8 cm	Wply=1283.00 cm ³	Wplz=602.26 cm ³	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N _{Ed} = 170.19 kN	My _{Ed} = 0.43 kN*m	Mz _{Ed} = 0.18 kN*m	Vy _{Ed} = -0.09 kN
N _{c,Rd} = 3257.21 kN	My _{Ed,max} = 4.93 kN*m	Mz _{Ed,max} = -0.82 kN*m	Vy _{T,Rd} = 1599.28 kN
N _{b,Rd} = 587.12 kN	My _{c,Rd} = 352.82 kN*m	Mz _{c,Rd} = 165.62 kN*m	Vz _{Ed} = -0.35 kN
	MN _{y,Rd} = 352.82 kN*m	MN _{z,Rd} = 165.62 kN*m	Vz _{T,Rd} = 596.83 kN
			Tt _{Ed} = -0.00 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

Ly = 12.01 m	Lam _y = 1.23
L _{cr,y} = 12.01 m	Xy = 0.46
Lam _y = 106.97	kzy = 0.41



respecto al eje z:

Lz = 12.01 m	Lam _z = 2.10
L _{cr,z} = 12.01 m	Xz = 0.18
Lam _z = 182.35	kzz = 0.75

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

N _{Ed} /N _{c,Rd} = 0.05 < 1.00 (6.2.4.(1))
My _{Ed} /MN _{y,Rd} = 0.00 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
Mz _{Ed} /MN _{z,Rd} = 0.00 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
(My _{Ed} /MN _{y,Rd}) ^{2.00} + (Mz _{Ed} /MN _{z,Rd}) ^{1.00} = 0.00 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
Vy _{Ed} /Vy _{T,Rd} = 0.00 < 1.00 (6.2.6-7)
Vz _{Ed} /Vz _{T,Rd} = 0.00 < 1.00 (6.2.6-7)
Tau _{ty,Ed} /(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.00 < 1.00 (6.2.6)
Tau _{tz,Ed} /(fy/(sqrt(3)*gM0)) = 0.00 < 1.00 (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

Lam _y = 106.97 < Lam _{da,max} = 210.00	Lam _z = 182.35 < Lam _{da,max} = 210.00	ESTABLE
N _{Ed} /(Xy*N _{Rk} /gM1) + kyy*My _{Ed,max} /(XLT*My _{Rk} /gM1) + kyz*Mz _{Ed,max} /(Mz _{Rk} /gM1) = 0.13 < 1.00 (6.3.3.(4))		
N _{Ed} /(Xz*N _{Rk} /gM1) + kzy*My _{Ed,max} /(XLT*My _{Rk} /gM1) + kzz*Mz _{Ed,max} /(Mz _{Rk} /gM1) = 0.30 < 1.00 (6.3.3.(4))		

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 15 Diagonales de los soportes**BARRA:** 741 Soportes diagonales_741**PUNTOS:** 1

COORDENADA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: CAE 80x5.5

$h = 8.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 8.0 \text{ cm}$	$A_y = 4.40 \text{ cm}^2$	$A_z = 4.40 \text{ cm}^2$	$A_x = 8.60 \text{ cm}^2$
$tw = 0.5 \text{ cm}$	$I_y = 51.52 \text{ cm}^4$	$I_z = 51.52 \text{ cm}^4$	$I_x = 0.86 \text{ cm}^4$
$tf = 0.5 \text{ cm}$	$W_{ely} = 8.79 \text{ cm}^3$	$W_{elz} = 8.79 \text{ cm}^3$	
	$W_{eff,y} = 8.79 \text{ cm}^3$	$W_{eff,z} = 8.79 \text{ cm}^3$	$A_{eff} = 8.60 \text{ cm}^2$

Atención: ¡Perfiles de clase 4! El programa no ha analizado completamente la clase 4 para este tipo de perfiles pero el las analiza como secciones de clase 3.

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 36.04 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.00 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 236.63 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -0.07 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 69.84 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 130.01 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 2.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 2.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{z,Ed} = 0.03 \text{ kN}$
			$V_{z,T,Rd} = 69.84 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN} \cdot \text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 4



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 2.86 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 1.08$
$L_{cr,y} = 2.29 \text{ m}$	$X_y = 0.55$
$\lambda_{my} = 93.45$	$k_{yy} = 1.01$



respecto al eje z:

$L_z = 2.86 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 1.08$
$L_{cr,z} = 2.29 \text{ m}$	$X_z = 0.55$
$\lambda_{mz} = 93.45$	$k_{zz} = 0.81$

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.17 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{m,y} = 93.45 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 93.45 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.32 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.32 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 16 Correas de los soportes

BARRA: 737 Soportes correas_737 **PUNTOS:** 1
0.00 m

COORDENADA: $x = 0.00 L =$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 160

$h = 16.0 \text{ cm}$	$gM0 = 1.00$	$gM1 = 1.00$	
$b = 8.2 \text{ cm}$	$A_y = 13.73 \text{ cm}^2$	$A_z = 9.66 \text{ cm}^2$	$A_x = 20.09 \text{ cm}^2$
$t_w = 0.5 \text{ cm}$	$I_y = 869.29 \text{ cm}^4$	$I_z = 68.31 \text{ cm}^4$	$I_x = 3.53 \text{ cm}^4$
$t_f = 0.7 \text{ cm}$	$W_{ply} = 123.87 \text{ cm}^3$	$W_{plz} = 26.10 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 0.71 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 1.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.33 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 552.51 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 1.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = -0.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 217.98 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 244.70 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -1.62 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 34.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 7.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 153.32 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 2.03 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 0.36$
$L_{cr,y} = 2.03 \text{ m}$	$X_y = 0.96$
$\lambda_{m,y} = 30.85$	$k_{yy} = 0.58$



respecto al eje z:

$L_z = 2.03 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 1.27$
$L_{cr,z} = 2.03 \text{ m}$	$X_z = 0.44$
$\lambda_{m,z} = 110.03$	$k_{yz} = 0.46$

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$
$M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
$M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
$(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{1.00} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$
$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$
$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$

$$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{b,y} = 30.85 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \lambda_{b,z} = 110.03 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.05 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.04 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** *UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.***TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 17 Soportes inclinados**BARRA:** 763 Soportes inclinados_763**PUNTOS:** 1**COORDENADA:** $x = 0.60 L = 9.83 \text{ m}$ **CARGAS:***Caso de carga más desfavorable:* $13 \text{ ELU}/1 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 + 4 \cdot 1.50 \cdot 1.35 + (2+4) \cdot 1.50$ **MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 200x5**

$h=20.0 \text{ cm}$	$g_{M0}=1.00$	$g_{M1}=1.00$	
$b=20.0 \text{ cm}$	$A_y=19.11 \text{ cm}^2$	$A_z=19.11 \text{ cm}^2$	$A_x=38.23 \text{ cm}^2$
$t_w=0.5 \text{ cm}$	$I_y=2397.00 \text{ cm}^4$	$I_z=2397.00 \text{ cm}^4$	$I_x=3769.00 \text{ cm}^4$
$t_f=0.5 \text{ cm}$	$W_{ply}=285.25 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=285.25 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 130.69 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -3.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.86 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = -0.66 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 1051.25 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -3.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 2.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 300.64 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 168.84 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 78.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 78.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 1.66 \text{ kN}$
	$M_{N,y,Rd} = 78.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{N,z,Rd} = 78.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 300.64 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -0.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 16.38 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 2.38$
$L_{cr,y} = 16.38 \text{ m}$	$\chi_y = 0.16$



respecto al eje z:

$L_z = 16.38 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 2.38$
$L_{cr,z} = 16.38 \text{ m}$	$\chi_z = 0.16$

Lamy = 206.90

kyy = 0.45

Lamz = 206.90

kyz = 1.11

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.12 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.69} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.69} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(\tau_{xy}/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(\tau_{xz}/(\sqrt{3}) \cdot g_{M0}) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_{bda,y} = 206.90 < \lambda_{bda,max} = 210.00 \quad \lambda_{bda,z} = 206.90 < \lambda_{bda,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.82 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.82 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.](#)**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 18 Arriostramiento de los soportes**BARRA:** 769 Soportes arriostramientos_769**PUNTOS:** 5**COORDENADA:** x = 1.00 L = 8.83 m**CARGAS:**

Caso de carga más desfavorable: 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 120x3.2**

h=12.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=12.0 cm

Ay=7.43 cm²Az=7.43 cm²Ax=14.86 cm²

tw=0.3 cm

Iy=338.10 cm⁴Iz=338.10 cm⁴Ix=516.00 cm⁴

tf=0.3 cm

Wply=65.50 cm³Wplz=65.50 cm³**FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:**N_{Ed} = -4.25 kNM_{y,Ed} = -0.85 kN*mM_{z,Ed} = 0.12 kN*mV_{y,Ed} = -0.03 kNN_{t,Rd} = 408.72 kNM_{y,pl,Rd} = 18.01 kN*mM_{z,pl,Rd} = 18.01 kN*mV_{y,T,Rd} = 117.97 kNM_{y,c,Rd} = 18.01 kN*mM_{z,c,Rd} = 18.01 kN*mV_{z,Ed} = -0.52 kNM_{N,y,Rd} = 18.01 kN*mM_{N,z,Rd} = 18.01 kN*mV_{z,T,Rd} = 117.97 kNT_{t,Ed} = -0.00 kN*m

CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:*Control de la resistencia de la sección:*

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(\tau_{xy}/(\sqrt{3} \cdot gM_0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(\tau_{xz}/(\sqrt{3} \cdot gM_0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** [UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 19 Vigas de la pasarela**BARRA:** 936 Viga pasarela_936 **PUNTOS:** 1**COORDENADA:** x = 0.00 L =

0.00 m

CARGAS:*Caso de carga más desfavorable:* 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50**MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 80x3.2**

h=8.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=8.0 cm

Ay=4.89 cm²Az=4.89 cm²Ax=9.78 cm²

tw=0.3 cm

Iy=95.85 cm⁴Iz=95.85 cm⁴Ix=147.70 cm⁴

tf=0.3 cm

Wply=28.33 cm³Wplz=28.33 cm³**FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:**N_{Ed} = -0.31 kNM_{y,Ed} = -3.22 kN*mM_{z,Ed} = -0.27 kN*mV_{y,Ed} = -0.50 kNN_{t,Rd} = 268.98 kNM_{y,pl,Rd} = 7.79 kN*mM_{z,pl,Rd} = 7.79 kN*mV_{y,T,Rd} = 73.09 kNM_{y,c,Rd} = 7.79 kN*mM_{z,c,Rd} = 7.79 kN*mV_{z,Ed} = 2.89 kNM_{N,y,Rd} = 7.79 kN*mM_{N,z,Rd} = 7.79 kN*mV_{z,T,Rd} = 73.09 kN

$T_{t,Ed} = -0.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$
CLASE DE LA SECCION

= 1



PARAMETROS DE ALABEO:



PARAMETROS DE PANDEO:

respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:

Control de la resistencia de la sección:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.3.(1))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.41 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.24 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)

$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6-7)

$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot g_{M0})) = 0.06 < 1.00$ (6.2.6)

$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot g_{M0})) = 0.06 < 1.00$ (6.2.6)

Perfil correcto !!!

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: *UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de grupos de barras

GRUPO: 20 Diagonales de la pasarela

BARRA: 936 Viga pasarela_936 **PUNTOS:** 1
0.00 m

COORDENADA: $x = 0.00 L =$

CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50 \quad 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 80x3.2

$h = 8.0 \text{ cm}$

$g_{M0} = 1.00$

$g_{M1} = 1.00$

$b = 8.0 \text{ cm}$

$A_y = 4.89 \text{ cm}^2$

$A_z = 4.89 \text{ cm}^2$

$A_x = 9.78 \text{ cm}^2$

$t_w = 0.3 \text{ cm}$

$I_y = 95.85 \text{ cm}^4$

$I_z = 95.85 \text{ cm}^4$

$I_x = 147.70 \text{ cm}^4$

$t_f = 0.3 \text{ cm}$

$W_{ply} = 28.33 \text{ cm}^3$

$W_{plz} = 28.33 \text{ cm}^3$

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = -0.31 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = -3.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} = -0.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{y,Ed} = -0.50 \text{ kN}$

Nt,Rd = 268.98 kN	My,pl,Rd = 7.79 kN*m	Mz,pl,Rd = 7.79 kN*m	Vy,T,Rd = 73.09 kN
	My,c,Rd = 7.79 kN*m	Mz,c,Rd = 7.79 kN*m	Vz,Ed = 2.89 kN
	MN,y,Rd = 7.79 kN*m	MN,z,Rd = 7.79 kN*m	Vz,T,Rd = 73.09 kN
			Tt,Ed = -0.35 kN*m
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:



respecto al eje z:

FORMULAS DE VERIFICACION:*Control de la resistencia de la sección:* $N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.3.(1)) $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.41 < 1.00$ (6.2.9.1.(2)) $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(2)) $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.24 < 1.00$ (6.2.9.1.(6)) $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7) $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6-7) $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.06 < 1.00$ (6.2.6) $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.06 < 1.00$ (6.2.6)**Perfil correcto !!!****CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 21 Barra inclinada del motor**BARRA:** 938 Diagonal motor_938 **PUNTOS:** 5
3.28 m**COORDENADA:** x = 1.00 L =**CARGAS:***Caso de carga más desfavorable:* 24 ELU/12=1*1.35 + 2*1.50 1*1.35+2*1.50**MATERIAL:**S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa**PARAMETROS DE LA SECCION:** TCAR 90x3.2

h=9.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=9.0 cm

Ay=5.53 cm²Az=5.53 cm²Ax=11.06 cm²

tw=0.3 cm

Iy=138.50 cm⁴Iz=138.50 cm⁴Ix=212.80 cm⁴

tf=0.3 cm

Wply=36.18 cm³Wplz=36.18 cm³

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 23.77 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.20 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.15 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 304.15 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -0.20 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 87.40 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 188.00 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 9.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 9.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.21 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 9.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 9.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 87.40 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:****PARAMETROS DE PANDEO:**

respecto al eje y:

$L_y = 3.28 \text{ m}$	$Lam_y = 1.07$
$L_{cr,y} = 3.28 \text{ m}$	$X_y = 0.62$
$Lam_y = 92.71$	$kzy = 0.69$



respecto al eje z:

$L_z = 3.28 \text{ m}$	$Lam_z = 1.07$
$L_{cr,z} = 3.28 \text{ m}$	$X_z = 0.62$
$Lam_z = 92.71$	$kzz = 1.08$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.08 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{1.67} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{1.67} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Control de estabilidad global de la barra:

$Lam_y = 92.71 < Lam_{y,max} = 210.00$ $Lam_z = 92.71 < Lam_{z,max} = 210.00$ ESTABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0.17 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0.18 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Perfil correcto !!!**CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO****NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de grupos de barras**GRUPO:** 22 Soporte del motor**BARRA:** 931 Viga motor_931 **PUNTOS:** 5**COORDENADA:** $x = 0.50 L = 1.08 \text{ m}$ **CARGAS:**Caso de carga más desfavorable: $24 \text{ ELU}/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

MATERIAL:S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$ **PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 360**

$h=36.0 \text{ cm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=17.0 \text{ cm}$	$A_y=48.84 \text{ cm}^2$	$A_z=35.14 \text{ cm}^2$	$A_x=72.73 \text{ cm}^2$
$t_w=0.8 \text{ cm}$	$I_y=16265.60 \text{ cm}^4$	$I_z=1043.45 \text{ cm}^4$	$I_x=36.20 \text{ cm}^4$
$t_f=1.3 \text{ cm}$	$W_{ply}=1019.22 \text{ cm}^3$	$W_{plz}=191.10 \text{ cm}^3$	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{Ed} = 0.00 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$		
$N_{c,Rd} = 2000.05 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -0.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 1.33 \text{ kN}\cdot\text{m}$	
$N_{b,Rd} = 2000.05 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 280.29 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 52.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.82 \text{ kN}$
	$M_{N,y,Rd} = 280.29 \text{ kN}\cdot\text{m}$		$V_{z,c,Rd} = 557.88 \text{ kN}$
	$M_{b,Rd} = 246.50 \text{ kN}\cdot\text{m}$		

CLASE DE LA SECCION

= 1

**PARAMETROS DE ALABEO:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 657.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$	Curva,LT - c	$X_{LT} = 0.85$
$L_{cr,low} = 2.16 \text{ m}$	$\lambda_{m,LT} = 0.65$	$f_{i,LT} = 0.72$	$X_{LT,mod} = 0.88$

PARAMETROS DE PANDEO:

respecto al eje y:

$k_{yy} = 1.00$



respecto al eje z:

$k_{zy} = 1.00$

FORMULAS DE VERIFICACION:**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$

Control de estabilidad global de la barra:

$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$

$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.03 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.03 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

Perfil correcto !!!

Finalmente, la Figura 26 muestra la designación por colores de los diferentes perfiles seleccionados para la estructura de la cinta transportadora.

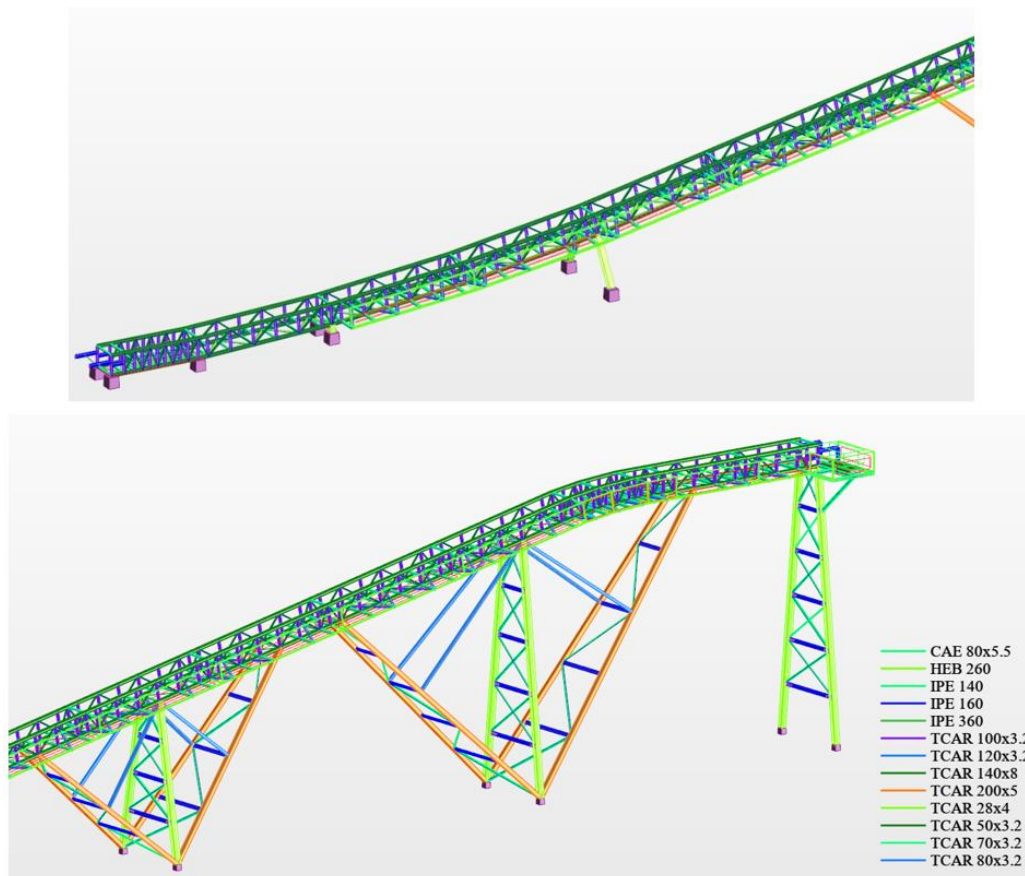


Figura 26. Designación por colores de los perfiles seleccionados para la estructura de la cinta transportadora.

ANEXO III. UNIONES

ÍNDICE DEL ANEXO III

3.1. INTRODUCCIÓN	145
3.2. UNIÓN HEB 260 – CIMENTACIÓN	146
3.2.1 GENERAL.....	146
3.2.2 GEOMETRÍA	146
3.2.2.1. PILAR.....	146
3.2.2.2. CHAPA DEBAJO DE LA BASE DEL PILAR.....	147
3.2.2.3. ANCLAJE	147
3.2.2.4. CHAVETA	148
3.2.2.5. COEFICIENTES DE MATERIAL.....	148
3.2.2.6. CIMENTACIÓN	148
3.2.2.7. SOLDADURAS	148
3.2.3 CARGAS	149
3.2.4 RESULTADOS.....	149
3.2.4.1. ZONA COMPRIMIDA	149
3.2.4.2. ZONA TRACCIONADA	150
3.2.4.3. CONTROL DE LA RESISTENCIA DE LA UNIÓN	153
3.2.4.4. CIZALLAMIENTO.....	154
3.2.4.5. DESTRUCCIÓN DEL BORDE DEL HORMIGÓN	155
3.2.4.6. SOLDADURAS ENTRE EL PILAR Y LA PLETINA DE BASE.....	156
3.2.4.7. RIGIDEZ DE LA UNIÓN	157
3.2.5 COMPONENTE MÁS DÉBIL	158
3.3. UNIÓN HEB 260 – IPE 160.....	159
3.3.1 GENERAL.....	159
3.3.2 GEOMETRÍA	159
3.3.2.1. PILAR.....	159
3.3.2.2. VIGA.....	160

3.3.2.3. TORNILLOS	160
3.3.2.4. PLETINA.....	161
3.3.2.5. RIGIDIZADOR DEL PILAR.....	161
3.3.2.6. SOLDADURAS DE ÁNGULO	161
3.3.2.7. COEFICIENTES DE MATERIAL.....	161
3.3.3 CARGAS	162
3.3.4 RESULTADOS	162
3.3.4.1. RESISTENCIAS DE LA VIGA	162
3.3.4.2. RESISTENCIAS DEL PILAR	163
3.3.4.3. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA UNIÓN	164
3.3.4.4. RESISTENCIA DE LA UNIÓN EN TRACCIÓN	165
3.3.4.5. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN	165
3.3.4.6. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN $M_{J, RD}$	167
3.3.4.7. RESISTENCIA DE LA UNIÓN AL CORTANTE	167
3.3.4.8. RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS	168
3.3.4.9. RIGIDEZ DE LA UNIÓN	168
3.3.5 COMPONENTE MÁS DÉBIL	169
3.4. UNIÓN ENTRE PERFILES CAE 80x5.5	170
3.4.1 GENERAL.....	170
3.4.2 GEOMETRÍA	171
3.4.2.1. BARRAS	171
3.4.2.2. TORNILLOS	171
3.4.2.3. CARTELA	173
3.4.2.4. COEFICIENTES DE MATERIAL.....	174
3.4.3 CARGAS	174
3.4.4 RESULTADOS	174
3.4.4.1. BARRA 1	174
3.4.4.2. BARRA 2	177

3.4.4.3. BARRA 3	179
3.4.4.4. BARRA 4	182
3.5. UNIÓN SOLDADA. NUDOS CON 2 PERFILES TUBULARES. TCAR 140x8 – TCAR 100x3.2.	186
3.5.1 GENERAL.....	186
3.5.2 GEOMETRÍA	186
3.5.2.1. BARRAS	186
3.5.2.2. SOLDADURAS	187
3.5.3 CARGAS	187
3.5.3.1. CORDÓN	187
3.5.3.2. POSTE.....	187
3.5.4 RESULTADOS	187
3.5.4.1. COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005	187
3.6. UNIÓN SOLDADA. NUDOS CON HASTA 4 PERFILES. TCAR 140x8 – TCAR 100x3.2 - TCAR 50x3.2	189
3.6.1 GENERAL.....	189
3.6.2 GEOMETRÍA	190
3.6.2.1. BARRAS	190
3.6.2.2. EXCENTRICIDAD.....	190
3.6.2.3. SEPARACIONES	190
3.6.2.4. SOLDADURAS	190
3.6.3 CARGAS	190
3.6.3.1. CORDÓN	190
3.6.3.2. DIAGONAL 1	190
3.6.3.3. DIAGONAL 2	191
3.6.3.4. POSTE.....	191
3.6.4 RESULTADOS	191
3.6.4.1. COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005	191
3.6.4.2. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	191

3.6.4.3. RUINA DE LA CARA DEL CORDÓN	191
3.6.4.4. DESTRUCCIÓN DE LA BARRA DEL ARRIOSTRAMIENTO	192
3.6.4.5. VERIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS.....	192
3.6.5 NOTAS	194
3.7. UNIÓN 1 DE LA BARRA INCLINADA. HEB 260 – IPE 140.	195
3.7.1 GENERAL.....	195
3.7.2 GEOMETRÍA	195
3.7.2.1. PILAR.....	195
3.7.2.2. VIGA.....	196
3.7.2.3. TORNILLOS	196
3.7.2.4. PLETINA.....	197
3.7.2.5. RIGIDIZADOR DEL PILAR	197
3.7.2.6. SOLDADURAS DE ÁNGULO	197
3.7.2.7. COEFICIENTES DE MATERIAL.....	197
3.7.3 CARGAS	198
3.7.4 RESULTADOS	198
3.7.4.1. RESISTENCIAS DE LA VIGA	198
3.7.4.2. RESISTENCIAS DEL PILAR	199
3.7.4.3. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA UNIÓN	201
3.7.4.4. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA COMPRESIÓN	202
3.7.4.5. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN	202
3.7.4.6. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN $M_{J,RD}$	203
3.7.4.7. COMPROBACIÓN DE LA INTERACCIÓN M+N	203
3.7.4.8. RESISTENCIA DE LA UNIÓN AL CORTANTE	203
3.7.4.9. RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS	204
3.7.4.10. RIGIDEZ DE LA UNIÓN	205
3.7.5 COMPONENTE MÁS DÉBIL	206
3.8. UNIÓN 2 DE LA BARRA INCLINADA. IPE 140 – IPE 140.	207

3.8.1 GENERAL.....	207
3.8.2 GEOMETRÍA	207
3.8.2.1. PILAR.....	207
3.8.2.2. VIGA.....	208
3.8.2.3. TORNILLOS	208
3.8.2.4. PLETINA.....	209
3.8.2.5. RIGIDIZADOR DEL PILAR	209
3.8.2.6. SOLDADURAS DE ÁNGULO	209
3.8.2.7. COEFICIENTES DE MATERIAL.....	209
3.8.3 CARGAS	210
3.8.4 RESULTADOS	210
3.8.4.1. RESISTENCIAS DE LA VIGA	210
3.8.4.2. RESISTENCIAS DEL PILAR	211
3.8.4.3. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA UNIÓN	212
3.8.4.4. RESISTENCIA DE LA UNIÓN EN TRACCIÓN	213
3.8.4.5. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN	213
3.8.4.6. RESISTENCIA DE LA UNIÓN AL CORTANTE	215
3.8.4.7. RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS	216
3.8.4.8. RIGIDEZ DE LA UNIÓN	216
3.8.5 COMPONENTE MÁS DÉBIL	217
3.8.6 NOTAS	217

3.1. INTRODUCCIÓN

Determinados los perfiles estructurales se calculan las uniones entre ellos. Robot permite editar cada tipo de unión para después verificar su comportamiento ante la combinación de carga que presenta una mayor sollicitación de esfuerzos. A continuación, se muestran los informes de Robot para la unión más solicitada de cada tipo, donde el valor de la relación indica si la unión es correcta cuando es menor que 1. La Figura 27, muestra la localización de las uniones en la estructura, analizadas en los apartados siguientes.

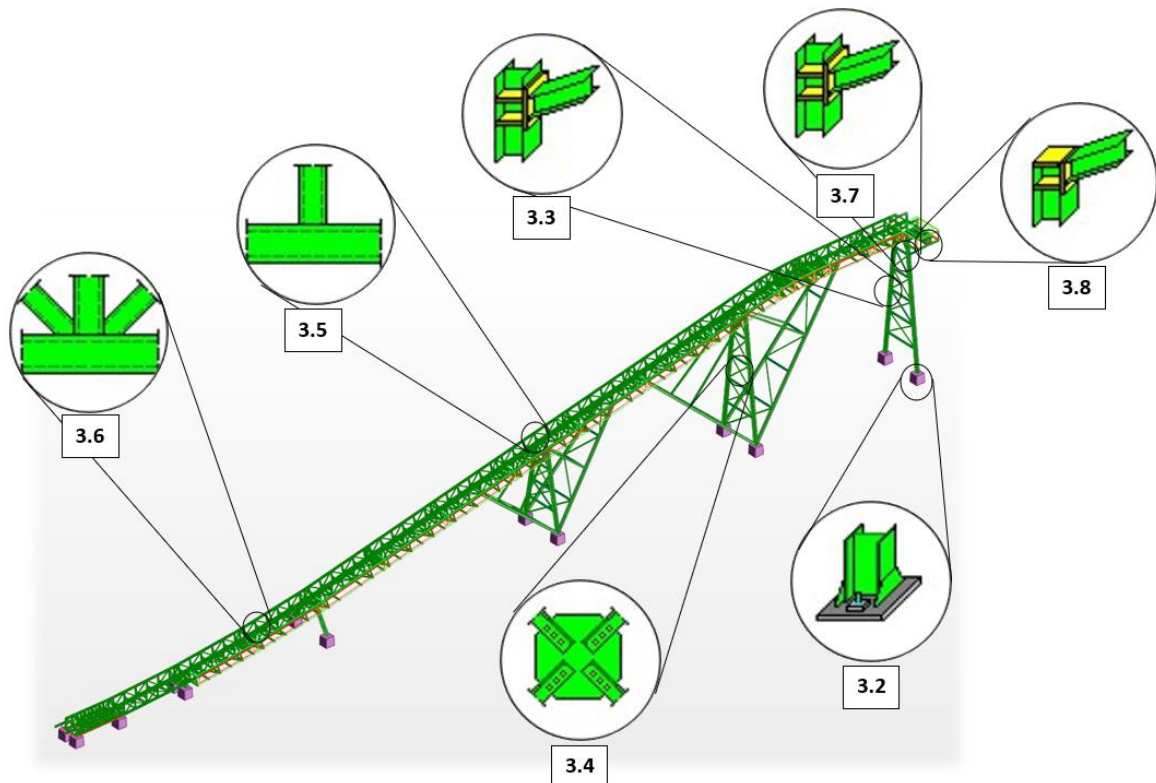




Figura 27. Esquema orientativo de la localización de cada tipo de unión estudiado.

Debido a limitaciones de Robot Structural Analysis, las representaciones de las uniones mostradas de la Figura 28 a la Figura 34 son meramente orientativas, por lo que, aunque reflejan la esquematización de cada tipo de unión, geométricamente pueden no llegar a ser totalmente fieles a la realidad.

3.2. UNIÓN HEB 260 – CIMENTACIÓN

	<p>Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020</p> <p>Cálculo de la base de columna empotrada</p> <p>Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide: Design of fastenings in concrete</p>	<p></p> <p>Relación</p> <p>0,98</p>
---	--	---

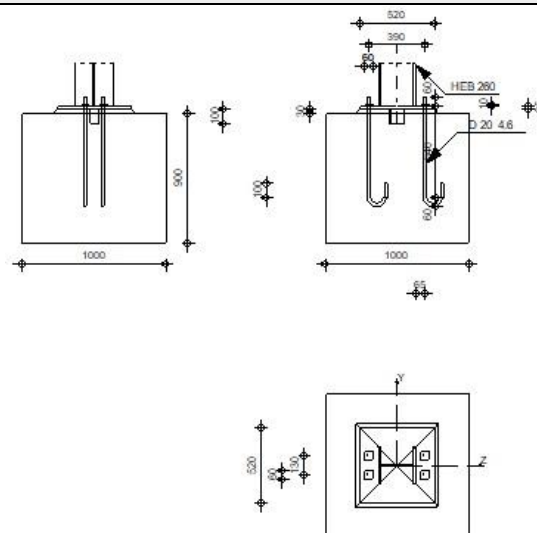


Figura 28. Unión HEB 260 – Cimentación.

3.2.1 GENERAL

Unión N°: 8.

Nombre de la unión: Pie de pilar engastado.

Nudo de la estructura: 660.

Barras de la estructura: 805.

3.2.2 GEOMETRÍA

3.2.2.1. PILAR

Perfil: HEB 260.

Barra N.º: 805.

$L_c = 12,99$ [m] Longitud del pilar.

$a = 0,0$ [Deg] Ángulo de inclinación.

$h_c = 260$ [mm] Altura de la sección del pilar.

$b_{fc} = 260$ [mm] Anchura de la sección del pilar.

$t_{wc} = 10$ [mm] Espesor del alma de la sección del pilar.

$t_{fc} =$	18	[mm]	Espesor del ala del de la sección del pilar.
$r_c =$	24	[mm]	Radio del redondeado de la sección del pilar.
$A_c =$	118,44	[cm ²]	Área de la sección del pilar.
$I_{yc} =$	14919,40	[cm ⁴]	Momento de inercia de la sección del pilar.
Material:			S 275.
$f_{yc} =$	275,00	[MPa]	Resistencia.
$f_{uc} =$	410,00	[MPa]	Límite de resistencia del material.

3.2.2.2. CHAPA DEBAJO DE LA BASE DEL PILAR

$l_{pd} =$	520	[mm]	Longitud.
$b_{pd} =$	520	[mm]	Anchura.
$t_{pd} =$	25	[mm]	Espesor.
Material:			S 235
$f_{ypd} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.
$f_{upd} =$	360,00	[MPa]	Límite de resistencia del material.

3.2.2.3. ANCLAJE

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

Clase = 4.6			Clase de anclajes.
$f_{yb} =$	240,00	[MPa]	Límite de plasticidad del material del tornillo.
$f_{ub} =$	400,00	[MPa]	Resistencia del material del tornillo a la tracción.
$d =$	20	[mm]	Diámetro del tornillo.
$A_s =$	2,45	[cm ²]	Área de la sección eficaz del tornillo.
$A_v =$	3,14	[cm ²]	Área de la sección del tornillo.
$n_H =$	2		Número de columnas de tornillos.
$n_V =$	2		Número de líneas de tornillos.

Separación horizontal $e_{Hi} =$ 390 [mm]

Separación vertical $e_{Vi} =$ 130 [mm]

DIMENSIONES DE LOS ANCLAJES

$L_1 =$	60	[mm]
$L_2 =$	640	[mm]
$L_3 =$	120	[mm]

$L_4 = 100$ [mm]

PLAQUETA

$l_{wd} = 60$ [mm] Longitud.

$b_{wd} = 60$ [mm] Anchura.

$t_{wd} = 10$ [mm] Espesor.

3.2.2.4. CHAVETA

Perfil: IPE 100.

$l_w = 100$ [mm] Longitud.

Material: S 235

$f_{yw} = 235,00$ [MPa] Resistencia.

3.2.2.5. COEFICIENTES DE MATERIAL

$g_{M0} = 1,00$ Coeficiente de seguridad parcial.

$g_{M2} = 1,25$ Coeficiente de seguridad parcial.

$g_c = 1,50$ Coeficiente de seguridad parcial.

3.2.2.6. CIMENTACIÓN

$L = 1000$ [mm] Longitud de la cimentación.

$B = 1000$ [mm] Anchura de la cimentación.

$H = 900$ [mm] Altura de la cimentación.

HORMIGÓN

Clase HA - 20

$f_{ck} = 20,00$ [MPa] Resistencia característica a la compresión.

CAPA DE ARENA

$t_g = 30$ [mm] Espesor da la capa de arena.

$f_{ck,g} = 12,00$ [MPa] Resistencia característica a la compresión.

$C_{f,d} = 0,30$ Coef. de rozamiento entre la pletina de base y el hormigón.

3.2.2.7. SOLDADURAS

$a_p = 7$ [mm] Pletina principal del pie del pilar.

$a_w = 4$ [mm] Chaveta.

3.2.3 CARGAS

Caso: 13: $ELU/1=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50 + 1*1.35+(2+4)*1.50$

$N_{j,Ed} = -26,48$ [kN] Esfuerzo axil.

$V_{j,Ed,y} = -18,55$ [kN] Esfuerzo cortante.

$V_{j,Ed,z} = 3,03$ [kN] Esfuerzo cortante.

$M_{j,Ed,y} = 0,90$ [kN*m] Momento flector.

$M_{j,Ed,z} = -14,51$ [kN*m] Momento flector.

3.2.4 RESULTADOS

3.2.4.1. ZONA COMPRIMIDA

COMPRESIÓN DE HORMIGÓN

$f_{cd} = 13,33$ [MPa] Resistencia de cálculo a la compresión.

$f_j = 17,09$ [MPa] Resistencia de cálculo al apoyo debajo de la pletina de base.

$c = t_p \cdot \ddot{O}(f_{yp}/(3*f_j*g_{M0}))$

$c = 54$ [mm] Anchura adicional de la zona de apoyo.

$b_{eff} = 125$ [mm] Anchura eficaz de la zona de apoyo debajo de la tabla.

$l_{eff} = 367$ [mm] Longitud eficaz de la zona de apoyo debajo del ala.

$A_{c0} = 457,08$ [cm²] Superficie de contacto entre la pletina de base y la cimentación.

$A_{c1} = 3736,02$ [cm²] Área de cálculo máxima de la distribución de la carga.

$F_{rd,u} = A_{c0} * f_{cd} * \ddot{O}(A_{c1}/A_{c0}) \leq 3 * A_{c0} * f_{cd}$

$F_{rd,u} = 1742,37$ [kN] Resistencia del hormigón al apoyo.

$b_j = 0,67$ Coeficiente de reducción para la compresión.

$f_{jd} = b_j * F_{rd,u} / (b_{eff} * l_{eff})$

$f_{jd} = 25,41$ [MPa] Resistencia de cálculo al apoyo.

$A_{c,n} = 1052,22$ [cm²] Área de apoyo en compresión.

$A_{c,y} = 457,08$ [cm²] Área de apoyo en flexión My.

$A_{c,z} = 457,08$ [cm²] Área de apoyo en flexión Mz.

$F_{c,Rd,i} = A_{c,i} * f_{jd}$

$F_{c,Rd,n} = 2674,01$ [kN] Resistencia del hormigón al apoyo en compresión.

$F_{c,Rd,y} = 1161,58$ [kN] Resistencia del hormigón al apoyo en flexión My.

$F_{c,Rd,z} = 1161,58$ [kN] Resistencia del hormigón al apoyo en flexión Mz.

$CL = 1,00$	Clase de sección.
$W_{pl,y} = 1283,00 \text{ [cm}^3\text{]}$	Módulo de sección plástico.
$M_{c,Rd,y} = 352,82 \text{ [kN*m]}$	Resistencia de cálculo de la sección en flexión.
$h_{f,y} = 243 \text{ [mm]}$	Distancia entre los centros de gravedad de las alas.
$F_{c,fc,Rd,y} = M_{c,Rd,y} / h_{f,y}$	
$F_{c,fc,Rd,y} = 1454,95 \text{ [kN]}$	Resistencia del ala comprimida y del alma.
$W_{pl,z} = 602,26 \text{ [cm}^3\text{]}$	Módulo de sección plástico.
$M_{c,Rd,z} = 165,62 \text{ [kN*m]}$	Resistencia de cálculo de la sección en flexión.
$h_{f,z} = 184 \text{ [mm]}$	Distancia entre los centros de gravedad de las alas.
$F_{c,fc,Rd,z} = M_{c,Rd,z} / h_{f,z}$	
$F_{c,fc,Rd,z} = 902,48 \text{ [kN]}$	Resistencia del ala comprimida y del alma.

RESISTENCIA DEL PIE DEL PILAR EN LA ZONA COMPRIMIDA

$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$	
$N_{j,Rd} = 2674,01 \text{ [kN]}$	Resistencia del pie del pilar a la compresión axial.
$F_{c,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$	
$F_{c,Rd,y} = 1161,58 \text{ [kN]}$	Resistencia del pie del pilar en la zona comprimida.
$F_{c,Rd,z} = \min(F_{c,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$	
$F_{c,Rd,z} = 902,48 \text{ [kN]}$	Resistencia del pie del pilar en la zona comprimida.

3.2.4.2. ZONA TRACCIONADA

RUPTURA DE TORNILLO DE ANCLAJE

$A_b = 2,45 \text{ [cm}^2\text{]}$	Área efectivo del tornillo.
$f_{ub} = 400,00 \text{ [MPa]}$	Resistencia del material del tornillo a la tracción.
$\beta = 0,85$	Coeficiente de reducción de la resistencia del tornillo.
$F_{t,Rd,s1} = \beta * 0.9 * f_{ub} * A_b / g_{Ms}$	
$F_{t,Rd,s1} = 59,98 \text{ [kN]}$	Resistencia del tornillo a la ruptura.
$g_{Ms} = 1,20$	Coeficiente de seguridad parcial.
$f_{yb} = 240,00 \text{ [MPa]}$	Límite de plasticidad del material del tornillo.
$F_{t,Rd,s2} = f_{yb} * A_b / g_{Ms}$	
$F_{t,Rd,s2} = 49,00 \text{ [kN]}$	Resistencia del tornillo a la ruptura.
$F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$	

$F_{t,Rd,s} = 49,00$ [kN] Resistencia del tornillo a la ruptura.

ARRANCAMIENTO DEL TORNILLO DE ANCLAJE DEL HORMIGÓN

$f_{ck} = 20,00$ [MPa] Resistencia característica del hormigón a la compresión.

$$f_{ctd} = 0.7 * 0.3 * f_{ck}^{2/3} / g_c$$

$f_{ctd} = 1,03$ [MPa] Resistencia de cálculo a la tracción.

$h_1 = 1,00$ Coef. dependiente de las condiciones del hormigonado y de la adherencia.

$h_2 = 1,00$ Coef. dependiente del diámetro del anclaje.

$$f_{bd} = 2.25 * h_1 * h_2 * f_{ctd}$$

$f_{bd} = 2,32$ [MPa] Adherencia admisible de cálculo.

$h_{ef} = 610$ [mm] Longitud eficaz del tornillo de anclaje.

$$F_{t,Rd,p} = p * d * h_{ef} * f_{bd}$$

$F_{t,Rd,p} = 88,96$ [kN] Resistencia de cálculo para el arrancamiento.

RUPTURA DEL CONO DE HORMIGÓN

$h_{ef} = 290$ [mm] Longitud eficaz del tornillo de anclaje.

$$N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] * f_{ck}^{0.5} * h_{ef}^{1.5}$$

$N_{Rk,c}^0 = 165,64$ [kN] Resistencia característica del anclaje.

$s_{cr,N} = 870$ [mm] Anchura crítica del cono de hormigón.

$c_{cr,N} = 435$ [mm] Distancia crítica al borde de la cimentación.

$A_{c,N0} = 7569,00$ [cm²] Área máxima del cono.

$A_{c,N} = 4350,00$ [cm²] Área real del cono.

$$y_{A,N} = A_{c,N} / A_{c,N0}$$

$y_{A,N} = 0,57$ Coef. dependiente de la separación de los anclajes y de la distancia al borde.

$c = 305$ [mm] Distancia mínima entre el anclaje y el borde.

$$y_{s,N} = 0.7 + 0.3 * c / c_{cr,N} \leq 1.0$$

$y_{s,N} = 0,91$ Coef. dependiente de la distancia entre el anclaje y el borde de la cimentación.

$y_{ec,N} = 1,00$ Coef. dependiente de la distribución de los esfuerzos de tracción en los anclajes.

$$y_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm] / 200 \leq 1.0$$

$y_{re,N} = 1,00$ Coef. dependiente de la densidad del armado de la cimentación.

$y_{ucr,N} = 1,00$ Coef. dependiente del grado de fisuración del hormigón.

$g_{Mc} = 2,16$ Coeficiente de seguridad parcial.

$$F_{t,Rd,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \gamma_{A,N} \cdot \gamma_{s,N} \cdot \gamma_{ec,N} \cdot \gamma_{re,N} \cdot \gamma_{ucr,N} / g_{Mc}$$

$$F_{t,Rd,c} = 40,12 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de cálculo del anclaje a la ruptura del cono de hormigón.}$$

ROTURA DEL BETÓN

$$h_{ef} = 610 \quad [\text{mm}] \quad \text{Longitud eficaz del tornillo de anclaje.}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/\text{mm}^{0.5}] \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot h_{ef}^{1.5}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 505,33 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de cálculo para el arrancamiento.}$$

$$s_{cr,N} = 1220 \quad [\text{mm}] \quad \text{Anchura crítica del cono de hormigón.}$$

$$c_{cr,N} = 610 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distancia crítica al borde de la cimentación.}$$

$$A_{c,N0} = 14884,00 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área máxima del cono.}$$

$$A_{c,N} = 5000,00 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área real del cono.}$$

$$\gamma_{A,N} = A_{c,N} / A_{c,N0}$$

$$\gamma_{A,N} = 0,34 \quad \text{Coef. dependiente de la separación de los anclajes y de la distancia al borde.}$$

$$c = 305 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distancia mínima entre el anclaje y el borde.}$$

$$\gamma_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c / c_{cr,N} \leq 1.0$$

$$\gamma_{s,N} = 0,85 \quad \text{Coef. dependiente de la distancia entre el anclaje y el borde de la cimentación.}$$

$$\gamma_{ec,N} = 1,00 \quad \text{Coef. dependiente de la distribución de los esfuerzos de tracción en los anclajes.}$$

$$\gamma_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[\text{mm}] / 200 \leq 1.0$$

$$\gamma_{re,N} = 1,00 \quad \text{Coef. dependiente de la densidad del armado de la cimentación.}$$

$$\gamma_{ucr,N} = 1,00 \quad \text{Coef. dependiente del grado de fisuración del hormigón.}$$

$$\gamma_{h,N} = (h / (2 \cdot h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$$

$$\gamma_{h,N} = 0,82 \quad \text{Coef. dependiente de la altura de la cimentación.}$$

$$g_{M,sp} = 2,16 \quad \text{Coeficiente de seguridad parcial.}$$

$$F_{t,Rd,sp} = N_{Rk,c}^0 \cdot \gamma_{A,N} \cdot \gamma_{s,N} \cdot \gamma_{ec,N} \cdot \gamma_{re,N} \cdot \gamma_{ucr,N} \cdot \gamma_{h,N} / g_{M,sp}$$

$$F_{t,Rd,sp} = 54,54 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de cálculo del anclaje a la rotura del hormigón.}$$

RESISTENCIA DEL ANCLAJE A LA TRACCIÓN

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p}, F_{t,Rd,c}, F_{t,Rd,sp})$$

$$F_{t,Rd} = 40,12 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia del anclaje a la tracción.}$$

FLEXIÓN DE LA PLETINA DE BASE

Flexión debida al momento $M_{j,Ed,y}$

$$l_{eff,1} = 220 \quad [\text{mm}] \quad \text{Longitud eficaz para un tornillo para el modo 1.}$$

$l_{eff,2} =$	220	[mm]	Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2.
$m =$	57	[mm]	Distancia entre el tornillo y el borde rigidizado.
$M_{pl,1,Rd} =$	8,07	[kN*m]	Resistencia plástica de la pletina para el modo 1.
$M_{pl,2,Rd} =$	8,07	[kN*m]	Resistencia plástica de la pletina para el modo 2.
$F_{T,1,Rd} =$	565,54	[kN]	Resistencia de la pletina para el modo 1.
$F_{T,2,Rd} =$	174,94	[kN]	Resistencia de la pletina para el modo 2.
$F_{T,3,Rd} =$	80,24	[kN]	Resistencia de la pletina para el modo 3.
$F_{t,pl,Rd,y} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$			
$F_{t,pl,Rd,y} =$	80,24	[kN]	Resistencia de la pletina en tracción.
$l_{eff,1} =$	260	[mm]	Longitud eficaz para un tornillo para el modo 1.
$l_{eff,2} =$	260	[mm]	Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2.
$m =$	57	[mm]	Distancia entre el tornillo y el borde rigidizado.
$M_{pl,1,Rd} =$	9,55	[kN*m]	Resistencia plástica de la pletina para el modo 1.
$M_{pl,2,Rd} =$	9,55	[kN*m]	Resistencia plástica de la pletina para el modo 2.
$F_{T,1,Rd} =$	669,01	[kN]	Resistencia de la pletina para el modo 1.
$F_{T,2,Rd} =$	199,13	[kN]	Resistencia de la pletina para el modo 2.
$F_{T,3,Rd} =$	80,24	[kN]	Resistencia de la pletina para el modo 3.
$F_{t,pl,Rd,z} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$			
$F_{t,pl,Rd,z} =$	80,24	[kN]	Resistencia de la pletina en tracción.

RESISTENCIA DEL PIE DEL PILAR EN LA ZONA TRACCIONADA

$F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$		
$F_{T,Rd,y} =$	80,24	[kN] Resistencia de la cimentación en la zona traccionada.
$F_{T,Rd,z} = F_{t,pl,Rd,z}$		
$F_{T,Rd,z} =$	80,24	[kN] Resistencia de la cimentación en la zona traccionada

3.2.4.3. CONTROL DE LA RESISTENCIA DE LA UNIÓN

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)	0,01 < 1,00	verificado	(0,01)
$e_y =$	34	[mm]	Excentricidad de la fuerza axial.
$z_{c,y} =$	121	[mm]	Brazo de la fuerza $F_{C,Rd,y}$.
$z_{t,y} =$	195	[mm]	Brazo de la fuerza $F_{T,Rd,y}$.
$M_{j,Rd,y} =$	61,73	[kN*m]	Resistencia de la unión a la flexión

$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23)	$0,01 < 1,00$	verificado	(0,01)
$e_z = 548$ [mm]	Excentricidad de la fuerza axial		
$z_{C,z} = 92$ [mm]	Brazo de la fuerza $F_{C,Rd,z}$.		
$z_{t,z} = 65$ [mm]	Brazo de la fuerza $F_{T,Rd,z}$.		
$M_{j,Rd,z} = 15,11$ [kN*m]	Resistencia de la unión a la flexión		
$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23)	$0,96 < 1,00$	verificado	(0,96)
$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$	$0,98 < 1,00$	verificado	(0,98)

3.2.4.4. CIZALLAMIENTO

APOYO DEL TORNILLO DE ANCLAJE EN LA PLETINA DE BASE

$a_{d,y} = 2,95$	Coef. de posición de los tornillos en la dirección del cizallamiento
$a_{b,y} = 1,00$	Coef. para el cálculo de la resistencia $F_{1,vb,Rd}$.
$k_{1,y} = 2,50$	Coef. de posición de los tornillos en la dirección perpendicular al cizallamiento.
$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} * a_{b,y} * f_{up} * d * t_p / g_{M2}$	
$F_{1,vb,Rd,y} = 360,00$ [kN]	Resistencia del tornillo de anclaje al apoyo en la pletina de base.

ESFUERZO CORTANTE $V_{j,Ed,z}$

$a_{d,z} = 0,98$	Coef. de posición de los tornillos en la dirección del cizallamiento.	
$a_{b,z} = 0,98$	Coef. para el cálculo de la resistencia $F_{1,vb,Rd}$.	
$k_{1,z} = 2,50$	Coef. de posición de los tornillos en la dirección perpendicular al cizallamiento.	
$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} * a_{b,z} * f_{up} * d * t_p / g_{M2}$		
$F_{1,vb,Rd,z} = 354,55$ [kN]	Resistencia del tornillo de anclaje al apoyo en la pletina de base.	
$a_b = 0,37$	Coef. para el cálculo de la resistencia $F_{2,vb,Rd}$.	
$A_{vb} = 3,14$ [cm ²]	Área de la sección del tornillo.	
$f_{ub} = 400,00$ [MPa]	Resistencia del material del tornillo a la tracción.	
$g_{M2} = 1,25$	Coeficiente de seguridad parcial.	
$F_{2,vb,Rd} = a_b * f_{ub} * A_{vb} / g_{M2}$		
$F_{2,vb,Rd} = 37,00$ [kN]	Resistencia del tornillo al cizallamiento - sin efecto de brazo.	
$a_M = 2,00$	Coef. dependiente de la fijación del anclaje en la cimentación.	
$M_{Rk,s} = 0,10$ [kN*m]	Resistencia característica del anclaje a la flexión.	
$l_{sm} = 53$ [mm]	Longitud del brazo de palanca.	

$g_{Ms} = 1,20$ Coeficiente de seguridad parcial.

$$F_{v,Rd,sm} = a_M * M_{Rk,s} / (l_{sm} * g_{Ms})$$

$F_{v,Rd,sm} = 3,13$ [kN] Resistencia del tornillo al cizallamiento - con efecto de brazo.

RUPTURA DEL HOTRMIGÓN POR EFECTO DE PALANCA

$N_{Rk,c} = 86,66$ [kN] Resistencia de cálculo para el arrancamiento.

$k_3 = 2,00$ Coef. dependiente de la longitud de anclaje.

$g_{Mc} = 2,16$ Coeficiente de seguridad parcial.

$$F_{v,Rd,cp} = k_3 * N_{Rk,c} / g_{Mc}$$

$F_{v,Rd,cp} = 80,24$ [kN] Resistencia del hormigón al efecto de palanca.

3.2.4.5. DESTRUCCIÓN DEL BORDE DEL HORMIGÓN

ESFUERZO CORTANTE $V_{J,ED,Y}$

$V_{Rk,c,y}^0 = 215,86$ [kN] Resistencia característica del anclaje.

$\gamma_{A,V,y} = 0,47$ Coef. dependiente de la separación de los anclajes y de la distancia al borde.

$\gamma_{h,V,y} = 1,00$ Coef. dependiente del espesor de la cimentación.

$\gamma_{s,V,y} = 0,84$ Coef. de influencia de bordes paralelos al esfuerzo cortante.

$\gamma_{ec,V,y} = 1,00$ Coef. de irregularidad de la distribución del esfuerzo cortante en el anclaje.

$\gamma_{a,V,y} = 1,00$ Coef. dependiente del ángulo de la acción del cortante.

$\gamma_{ucr,V,y} = 1,00$ Coef. dependiente del modo de armar el borde de la cimentación.

$g_{Mc} = 2,16$ Coeficiente de seguridad parcial.

$$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y}^0 * \gamma_{A,V,y} * \gamma_{h,V,y} * \gamma_{s,V,y} * \gamma_{ec,V,y} * \gamma_{a,V,y} * \gamma_{ucr,V,y} / g_{Mc}$$

$F_{v,Rd,c,y} = 39,25$ [kN] Resistencia del hormigón debido a la destrucción del borde.

ESFUERZO CORTANTE $V_{J,ED,Z}$

$V_{Rk,c,z}^0 = 126,74$ [kN] Resistencia característica del anclaje.

$\gamma_{A,V,z} = 0,95$ Coef. dependiente de la separación de los anclajes y de la distancia al borde.

$\gamma_{h,V,z} = 1,00$ Coef. dependiente del espesor de la cimentación.

$\gamma_{s,V,z} = 0,99$ Coef. de influencia de bordes paralelos al esfuerzo cortante.

$\gamma_{ec,V,z} = 1,00$ Coef. de irregularidad de la distribución del esfuerzo cortante en el anclaje.

$\gamma_{a,V,z} = 1,00$ Coef. dependiente del ángulo de la acción del cortante.

$\gamma_{ucr,V,z} = 1,00$ Coef. dependiente del modo de armar el borde de la cimentación.

$g_{Mc} = 2,16$ Coeficiente de seguridad parcial.

$$F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z} \cdot 0 \cdot \gamma_{A,V,z} \cdot \gamma_{h,V,z} \cdot \gamma_{s,V,z} \cdot \gamma_{ec,V,z} \cdot \gamma_{a,V,z} \cdot \gamma_{ucr,V,z} / g_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,c,z} = 54,97 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia del hormigón debido a la destrucción del borde.}$$

DESlizAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

$$C_{f,d} = 0,30 \quad \text{Coef. de rozamiento entre la pletina de base y el hormigón.}$$

$$N_{c,Ed} = 26,48 \quad [\text{kN}] \quad \text{Fuerza de compresión.}$$

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed}$$

$$F_{f,Rd} = 7,95 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia al deslizamiento.}$$

CONTACTO CUÑA - HORMIGÓN

$$F_{v,Rd,wg,y} = 1.4 \cdot l_w \cdot b_{wy} \cdot f_{ck} / g_c$$

$$F_{v,Rd,wg,y} = 186,67 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia al contacto cuña – hormigón.}$$

$$F_{v,Rd,wg,z} = 1.4 \cdot l_w \cdot b_{wz} \cdot f_{ck} / g_c$$

$$F_{v,Rd,wg,z} = 102,67 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia al contacto cuña – hormigón.}$$

CONTROL DEL CIZALLAMIENTO

$$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{v,Rd,wg,y} + F_{f,Rd}$$

$$V_{j,Rd,y} = 207,13 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de la unión al cortante.}$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0 \quad 0,09 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,09)$$

$$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{v,Rd,wg,z} + F_{f,Rd}$$

$$V_{j,Rd,z} = 123,13 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de la unión al cortante.}$$

$$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0,02 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,02)$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0,11 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,11)$$

3.2.4.6. SOLDADURAS ENTRE EL PILAR Y LA PLETINA DE BASE

$$s_{\perp} = 36,17 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión normal en la soldadura.}$$

$$t_{\perp} = 36,17 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión tangente perpendicular.}$$

$$t_{yII} = -2,60 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión tangente paralela a } V_{j,Ed,y}.$$

$$t_{zII} = 0,96 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión tangente paralela a } V_{j,Ed,z}.$$

$$b_w = 0,80 \quad \text{Coeficiente dependiente de la resistencia.}$$

$$s_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / g_{M2}) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,14 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,14)$$

$$\ddot{O}(s_{\perp}^2 + 3.0 (t_{yII}^2 + t_{\perp}^2)) / (f_u / (b_w \cdot g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,20 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,20)$$

$$\ddot{O}(s_{\perp}^2 + 3.0 (t_{zII}^2 + t_{\perp}^2)) / (f_u / (b_w \cdot g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,01 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,01)$$

3.2.4.7. RIGIDEZ DE LA UNIÓN

FLEXIÓN DEBIDA AL MOMENTO $M_{J,ED,Y}$

$b_{eff} = 125$ [mm] Anchura eficaz de la zona de apoyo debajo de la tabla.

$l_{eff} = 367$ [mm] Longitud eficaz de la zona de apoyo debajo del ala.

$$k_{13,y} = E_c \cdot \ddot{O}(b_{eff} \cdot l_{eff}) / (1.275 \cdot E)$$

$k_{13,y} = 18$ [mm] Coef. de rigidez del hormigón comprimido.

$l_{eff} = 220$ [mm] Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2.

$m = 57$ [mm] Distancia entre el tornillo y el borde rigidizado.

$$k_{15,y} = 0.425 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$$

$k_{15,y} = 8$ [mm] Coef. de rigidez de la pletina de base en tracción.

$L_b = 235$ [mm] Longitud eficaz del tornillo de anclaje.

$$k_{16,y} = 1.6 \cdot A_b / L_b$$

$k_{16,y} = 2$ [mm] Coef. de rigidez del anclaje en tracción.

$l_{0,y} = 1,33$ Esbeltez del pilar.

$S_{j,ini,y} = 113743,80$ [kN*m] Rigidez inicial en rotación.

$S_{j,rig,y} = 72356,64$ [kN*m] Rigidez de la unión rígida.

$S_{j,ini,y}^3 S_{j,rig,y}$ RÍGIDA

FLEXIÓN DEBIDA AL MOMENTO $M_{J,ED,Z}$

$$k_{13,z} = E_c \cdot \ddot{O}(A_{c,z}) / (1.275 \cdot E)$$

$k_{13,z} = 18$ [mm] Coef. de rigidez del hormigón comprimido.

$l_{eff} = 260$ [mm] Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2.

$m = 57$ [mm] Distancia entre el tornillo y el borde rigidizado.

$$k_{15,z} = 0.425 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$$

$k_{15,z} = 9$ [mm] Coef. de rigidez de la pletina de base en tracción.

$L_b = 235$ [mm] Longitud eficaz del tornillo de anclaje.

$$k_{16,z} = 1.6 \cdot A_b / L_b$$

$k_{16,z} = 2$ [mm] Coef. de rigidez del anclaje en tracción.

$l_{0,z} = 2,27$ Esbeltez del pilar.

$S_{j,ini,z} = 2964,48$ [kN*m] Rigidez inicial en rotación.


$S_{j,rig,z} = 24901,58$ [kN*m] Rigidez de la unión rígida.

 $S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$ SEMI-RÍGIDA**3.2.5 COMPONENTE MÁS DÉBIL**

CIMENTACIÓN - RUPTURA DEL HORMIGÓN DEBIDO AL EFECTO DE PALANCA

Unión conforme con la Norma	Relación	0,98
------------------------------------	----------	------

3.3. UNIÓN HEB 260 – IPE 160

	<p>Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020</p> <p>Cálculo del empotramiento Viga - Columna</p> <p>EN 1993-1-8:2005/AC:2009</p>	<p>OK</p> <p>Relación</p> <p>0,02</p>
---	--	---

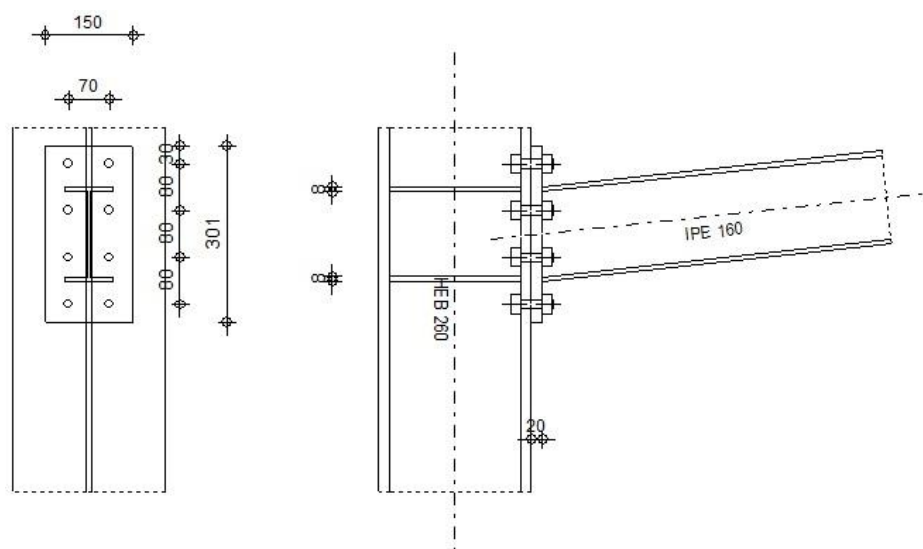


Figura 29. Unión HEB 260 – IPE 160.

3.3.1 GENERAL

Unión N.º:	18
Nombre de la unión:	Pilar-viga
Nudo de la estructura:	651
Barras de la estructura:	790, 793

3.3.2 GEOMETRÍA

3.3.2.1. PILAR

Perfil:	HEB 260		
Barra N.º:	790		
a =	-90,0	[Deg]	Ángulo de inclinación.
h _c =	260	[mm]	Altura de la sección del pilar.
b _{fc} =	260	[mm]	Anchura de la sección del pilar.
t _{wc} =	10	[mm]	Espesor del alma de la sección del pilar.

$t_{fc} =$	18	[mm]	Espesor del ala del de la sección del pilar.
$r_c =$	24	[mm]	Radio del empalme de la sección del pilar.
$A_c =$	118,44	[cm ²]	Área de la sección del pilar.
$I_{xc} =$	14919,40	[cm ⁴]	Momento de inercia de la sección del pilar.
Material:	S 275		
$f_{yc} =$	275,00	[MPa]	Resistencia.

3.3.2.2. VIGA

Perfil:	IPE 160		
Barra N.º:	793		
$a =$	6,0	[Deg]	Ángulo de inclinación.
$h_b =$	160	[mm]	Altura de la sección de la viga.
$b_f =$	82	[mm]	Anchura de la sección de la viga.
$t_{wb} =$	5	[mm]	Espesor del alma de la sección de la viga.
$t_{fb} =$	7	[mm]	Espesor del ala de la sección de la viga.
$r_b =$	9	[mm]	Radio del empalme de la sección de la viga.
$r_b =$	9	[mm]	Radio del empalme de la sección de la viga.
$A_b =$	20,09	[cm ²]	Área de la sección de la viga.
$I_{xb} =$	869,29	[cm ⁴]	Momento de inercia de la sección de la viga.
Material:	S 275		
$f_{yb} =$	275,00	[MPa]	Resistencia.

3.3.2.3. TORNILLOS

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

$d =$	16	[mm]	Diámetro del tornillo.
Clase =	10.9	Clase del tornillo.	
$F_{tRd} =$	113,04	[kN]	Resistencia de tornillo a la tracción.
$n_h =$	2	Número de columnas de tornillos.	
$n_v =$	4	Número de líneas de tornillos.	
$h_1 =$	30	[mm]	Distancia entre el primer tornillo y el borde vertical de la pletina de tope.
Separación horizontal $e_i =$	70 [mm]		
Separación vertical $p_i =$	80;80;80 [mm]		

3.3.2.4. PLETINA

$h_p =$	301	[mm]	Altura de la pletina.
$b_p =$	150	[mm]	Anchura de la pletina.
$t_p =$	20	[mm]	Espesor de la pletina.
Material:	S 235		
$f_{yp} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

3.3.2.5. RIGIDIZADOR DEL PILAR**SUPERIOR**

$h_{su} =$	225	[mm]	Altura del rigidizador.
$b_{su} =$	125	[mm]	Anchura del rigidizador.
$t_{hu} =$	8	[mm]	Espesor del rigidizador.
Material:	S 235		
$f_{ysu} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

INFERIOR

$h_{sd} =$	225	[mm]	Altura del rigidizador.
$b_{sd} =$	125	[mm]	Anchura del rigidizador.
$t_{hd} =$	8	[mm]	Espesor del rigidizador.
Material:	S 235		
$f_{ysu} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

3.3.2.6. SOLDADURAS DE ÁNGULO

$a_w =$	4	[mm]	Soldadura del alma.
$a_f =$	6	[mm]	Soldadura del ala.
$a_s =$	4	[mm]	Soldadura del rigidizador.

3.3.2.7. COEFICIENTES DE MATERIAL

$g_{M0} =$	1,00	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M1} =$	1,00	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M2} =$	1,25	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M3} =$	1,25	Coeficiente de seguridad parcial.

3.3.3 CARGAS

Estado límite último

Caso: 24: $ELU/12=1*1.35 + 2*1.50$ $1*1.35+2*1.50$

$M_{b1,Ed} = 0,41$ [kN*m] Momento flector en la viga derecha.

$V_{b1,Ed} = 0,17$ [kN] Esfuerzo cortante en la viga derecha.

$N_{b1,Ed} = 3,04$ [kN] Esfuerzo axil en la viga derecha.

$M_{c1,Ed} = -0,46$ [kN*m] Momento flector en el pilar inferior.

$V_{c1,Ed} = -0,44$ [kN] Esfuerzo cortante en el pilar inferior.

$N_{c1,Ed} = -72,80$ [kN] Esfuerzo axil en el pilar inferior.

$M_{c2,Ed} = 0,19$ [kN*m] Momento flector en el pilar superior.

$V_{c2,Ed} = -5,97$ [kN] Esfuerzo cortante en el pilar superior.

$N_{c2,Ed} = -70,58$ [kN] Esfuerzo axil en el pilar superior.

3.3.4 RESULTADOS

3.3.4.1. RESISTENCIAS DE LA VIGA

TRACCIÓN

$A_b = 20,09$ [cm²] Área de sección.

$N_{tb,Rd} = A_b f_{yb} / g_{M0}$

$N_{tb,Rd} = 552,51$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección a la tracción.

CIZALLAMIENTO

$A_{vb} = 9,66$ [cm²] Área en cizallamiento.

$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / g_{M0}$

$V_{cb,Rd} = 153,33$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección al cortante.

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ $0,00 < 1,00$ **verificado** (0,00)

FLEXIÓN - MOMENTO PLÁSTICO (SIN REFUERZOS)

$W_{plb} = 123,87$ [cm³] Módulo de sección plástico.

$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / g_{M0}$

$M_{b,pl,Rd} = 34,06$ [kN*m] Resistencia plástica de la sección en flexión (sin refuerzos).

FLEXIÓN EN EL PUNTO DE CONTACTO CON LA PLETINA O CON EL ELEMENTO UNIDO

$W_{pl} = 120,29$ [cm³] Módulo de sección plástico.

$$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / g_{M0}$$

$$M_{cb,Rd} = 33,08 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Resistencia de cálculo de la sección en flexión.}$$

ALA Y ALMA EN COMPRESIÓN

$$M_{cb,Rd} = 33,08 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Resistencia de cálculo de la sección en flexión.}$$

$$h_f = 153 \quad [mm] \quad \text{Distancia entre los centros de gravedad de las alas.}$$

$$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$$

$$F_{c,fb,Rd} = 215,56 \quad [kN] \quad \text{Resistencia del ala comprimida y del alma.}$$

3.3.4.2. RESISTENCIAS DEL PILAR

PANEL DEL ALMA EN CORTANTE

$$M_{b1,Ed} = 0,41 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Momento flector en la viga derecha.}$$

$$M_{b2,Ed} = 0,00 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Momento flector en la viga izquierda.}$$

$$V_{c1,Ed} = -0,44 \quad [kN] \quad \text{Esfuerzo cortante en el pilar inferior.}$$

$$V_{c2,Ed} = -5,97 \quad [kN] \quad \text{Esfuerzo cortante en el pilar superior.}$$

$$z = 157 \quad [mm] \quad \text{Brazo de palanca.}$$

$$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$$

$$V_{wp,Ed} = -0,16 \quad [kN] \quad \text{Esfuerzo cortante en el panel del alma.}$$

$$A_{vs} = 37,59 \quad [cm^2] \quad \text{Área del alma del pilar en cortante.}$$

$$A_{vc} = 37,59 \quad [cm^2] \quad \text{Área en cizallamiento.}$$

$$d_s = 153 \quad [mm] \quad \text{Distancia entre los centros de gravedad de los rigidizadores.}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 5,47 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Resistencia plástica del ala del pilar en flexión.}$$

$$M_{pl,stu,Rd} = 0,98 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Resistencia plástica del rigidizador transversal superior en flexión.}$$

$$M_{pl,sti,Rd} = 0,98 \quad [kN \cdot m] \quad \text{Resistencia plástica del rigidizador transversal inferior en flexión.}$$

$$V_{wp,Rd} = 0,9 (A_{vs} f_{y,wc}) / (\sqrt{3} g_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$$

$$V_{wp,Rd} = 621,59 \quad [kN] \quad \text{Resistencia del panel del alma del pilar en cortante.}$$

$$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0 \quad 0,00 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,00)$$

ALMA EN COMPRESIÓN TRANSVERSAL - NIVEL DEL ALA INFERIOR DE LA VIGA

APOYO:

$$t_{wc} = 10 \quad [mm] \quad \text{Espesor eficaz del alma del pilar.}$$

$$b_{eff,c,wc} = 272 \quad [mm] \quad \text{Anchura eficaz del alma en compresión.}$$

$$A_{vc} = 37,59 \quad [cm^2] \quad \text{Área en cizallamiento.}$$

$w = 0,77$ Coeficiente de reducción para la interacción con el cortante.
 $S_{com,Ed} = 6,42$ [MPa] Tensión de compresión máxima en el alma.
 $k_{wc} = 1,00$ Coeficiente de reducción dependiente de las tensiones de compresión.
 $A_s = 18,20$ [cm²] Área del rigidizador del alma.
 $F_{c,wc,Rd1} = w k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0} + A_s f_{ys} / g_{M0}$
 $F_{c,wc,Rd1} = 1004,50$ [kN] Resistencia del alma del pilar.

PANDEO:

$d_{wc} = 177$ [mm] Altura del alma comprimida.
 $l_p = 0,74$ Esbeltez del elemento de tipo pletina.
 $r = 0,99$ Coeficiente de reducción en pandeo.
 $l_s = 2,31$ Esbeltez del rigidizador.
 $c_s = 1,00$ Coeficiente de pandeo del rigidizador.

$F_{c,wc,Rd2} = w k_{wc} r b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M1} + A_s c_s f_{ys} / g_{M1}$
 $F_{c,wc,Rd2} = 996,54$ [kN] Resistencia del alma del pilar.

RESISTENCIA FINAL:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$
 $F_{c,wc,Rd} = 996,54$ [kN] Resistencia del alma del pilar.

3.3.4.3. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA UNIÓN**LONGITUDES EFICACES Y PARÁMETROS - ALA DEL PILAR**

Tabla 38. Longitudes eficaces y parámetros del ala del pilar.

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	11	-	95	-	87	68	86	68	86	120	49	49	49
2	11	-	95	-	80	68	86	68	86	114	45	45	45
3	11	-	95	-	80	68	86	68	86	114	45	45	45
4	11	-	95	-	87	68	86	68	86	120	49	49	49

LONGITUDES EFICACES Y PARÁMETROS - PLETINA DE TOPE

Tabla 39. Longitudes eficaces y parámetros de la pletina de tope.

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	28	33	40	30	87	173	75	75	75	-	-	-	-
2	28	-	40	-	80	176	185	176	185	168	144	144	144
3	28	-	40	-	80	176	185	176	185	168	144	144	144
4	28	33	40	30	87	173	75	75	75	-	-	-	-

- m – Distancia entre le tornillo y el alma.
- m_x – Distancia entre le tornillo y el ala.
- e – Distancia entre el tornillo y el borde exterior.
- e_x – Distancia entre el tornillo y el borde exterior horizontal.
- p – Distancia entre tornillos.
- $l_{eff,cp}$ – Longitud eficaz para un tornillo en el modo circular de destrucción.
- $l_{eff,nc}$ – Longitud eficaz para un tornillo en el modo no circular de destrucción.
- $l_{eff,1}$ – Longitud eficaz para un tornillo para el modo 1.
- $l_{eff,2}$ – Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2.
- $l_{eff,cp,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos en el modo circular de destrucción.
- $l_{eff,nc,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos en el modo no circular de destrucción.
- $l_{eff,1,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos para el modo 1.
- $l_{eff,2,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos para el modo 2.

3.3.4.4. RESISTENCIA DE LA UNIÓN EN TRACCIÓN

$F_{t,Rd} = 113,04$ [kN] Resistencia de tornillo a la tracción.

$B_{p,Rd} = 259,67$ [kN] Resistencia del tornillo al punzonamiento / cizallamiento.

$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{tb,Rd}, n_v n_h F_{t,Rd}, n_v n_h B_{p,Rd})$

$N_{j,Rd} = 552,51$ [kN] Resistencia de la unión en tracción.

$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,01 < 1,00$ **verificado** (0,01)

3.3.4.5. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN

$F_{t,Rd} = 113,04$ [kN] Resistencia de tornillo a la tracción.

$B_{p,Rd} = 259,67$ [kN] Resistencia del tornillo al punzonamiento / cizallamiento.

$F_{t,fc,Rd}$ – Resistencia del ala del pilar en flexión.

$F_{t,wc,Rd}$ – Resistencia del alma del pilar en tracción.

$F_{t,ep,Rd}$ – Resistencia de la pletina doblada en flexión.

$F_{t,wb,Rd}$ – Resistencia del alma en compresión.

$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd}, F_{T,2,fc,Rd}, F_{T,3,fc,Rd})$

$F_{t,wc,Rd} = w b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0}$

$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd}, F_{T,2,ep,Rd}, F_{T,3,ep,Rd})$

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / g_{M0}$

RESISTENCIA DE LA LÍNEA DE TORNILLOS NÚMERO 1

F_{t1,Rd,comp} - Fórmula	F_{t1,Rd,comp}	Componente
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	164,66	Resistencia de la línea de tornillos.
$F_{t,fc,Rd(1)} = 226,08$	226,08	Ala del pilar – tracción.
$F_{t,wc,Rd(1)} = 182,78$	182,78	Alma del pilar – tracción.
$F_{t,ep,Rd(1)} = 164,66$	164,66	Pletina de tope – tracción.
$B_{p,Rd} = 519,34$	519,34	Tornillo al arrastramiento de la cabeza
$V_{wp,Rd}/b = 621,59$	621,59	Panel del alma - cortante
$F_{c,wc,Rd} = 996,54$	996,54	Alma del pilar - compresión
$F_{c,fb,Rd} = 215,56$	215,56	Ala de la viga - compresión

RESISTENCIA DE LA LÍNEA DE TORNILLOS NÚMERO 2

F_{t2,Rd,comp} - Fórmula	F_{t2,Rd,comp}	Componente
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	50,90	Resistencia de la línea de tornillos.
$F_{t,fc,Rd(2)} = 226,08$	226,08	Ala del pilar – tracción.
$F_{t,wc,Rd(2)} = 182,78$	182,78	Alma del pilar – tracción.
$F_{t,ep,Rd(2)} = 226,08$	226,08	Pletina de tope – tracción.
$F_{t,wb,Rd(2)} = 241,68$	241,68	Alma de la viga – tracción.
$B_{p,Rd} = 519,34$	519,34	Tornillo al arrastramiento de la cabeza.
$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 621,59 - 164,66$	456,93	Panel del alma – cortante.
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 996,54 - 164,66$	831,88	Alma del pilar – compresión.
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 215,56 - 164,66$	50,90	Ala de la viga – compresión.

RESISTENCIA DE LA LÍNEA DE TORNILLOS NÚMERO 3

F_{t3,Rd,comp} - Fórmula	F_{t3,Rd,comp}	Componente
$F_{t3,Rd} = \text{Min} (F_{t3,Rd,comp})$	0,00	Resistencia de la línea de tornillos.
$F_{t,fc,Rd(3)} = 226,08$	226,08	Ala del pilar – tracción.
$F_{t,wc,Rd(3)} = 182,78$	182,78	Alma del pilar – tracción.
$F_{t,ep,Rd(3)} = 226,08$	226,08	Pletina de tope – tracción.
$F_{t,wb,Rd(3)} = 241,68$	241,68	Alma de la viga – tracción.
$B_{p,Rd} = 519,34$	519,34	Tornillo al arrastramiento de la cabeza.
$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 621,59 - 215,56$	406,03	Panel del alma – cortante.

$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^2 F_{tj,Rd} = 996,54 - 215,56$	780,98	Alma del pilar – compresión.
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^2 F_{tj,Rd} = 215,56 - 215,56$	0,00	Ala de la viga – compresión.
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 408,63 - 50,90$	357,73	Ala del pilar - tracción – grupo.
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 240,86 - 50,90$	189,96	Alma del pilar - tracción – grupo.
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 452,16 - 50,90$	401,26	Pletina de tope - tracción – grupo.
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 395,13 - 50,90$	344,23	Alma de la viga - tracción – grupo.

Los demás tornillos están inactivos (no transfieren cargas) ya que la resistencia de un componente de la unión está agotada o los tornillos están debajo del centro de rotación.

TABLA RACAPITULATIVA DE ESFUERZOS

Tabla 40. Tabla recapitulativa de esfuerzos.

Nr	h_j	$F_{tj,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	197	164,7	226,1	182,8	164,7	-	226,1	519,3
2	117	50,9	226,1	182,8	226,1	241,7	226,1	519,3
3	37	-	226,1	182,8	226,1	241,7	226,1	519,3
4	-43	-	226,1	182,8	164,7	-	226,1	519,3

3.3.4.6. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 38,33 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia de la unión a la flexión.}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,01 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,01)$$

3.3.4.7. RESISTENCIA DE LA UNIÓN AL CORTANTE

$$a_v = 0,60 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{v,Rd}.$$

$$F_{v,Rd} = 96,51 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo al cortante.}$$

$$F_{t,Rd,max} = 113,04 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo a la tracción.}$$

$$F_{b,Rd,int} = 229,60 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo intermedio al apoyo.}$$

$$F_{b,Rd,ext} = 129,91 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo extremo al apoyo.}$$

Tabla 41. Resistencia de los tornillos a la fuerza axil y a la flexión.

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	226,1	0,76	164,7	1,76	2,51	191,5
2	226,1	0,76	50,9	0,54	1,3	192,2
3	226,1	0,76	0	0	0,76	192,6
4	226,1	0,76	0	0	0,76	192,6

$F_{tj,Rd,N}$ – Resistencia de la fila de tornillos en tracción simple.

$F_{tj,Ed,N}$ – Esfuerzo en la línea de tornillos debido a la fuerza axil.

$F_{tj,Rd,M}$ – Resistencia de la fila de tornillos en flexión simple.

$F_{tj,Ed,M}$ – Esfuerzo en la línea de tornillos debido al momento.

$F_{tj,Ed}$ – Esfuerzo de tracción máximo en una línea de tornillo.

$F_{vj,Rd}$ – Resistencia reducida de la línea de tornillos.

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd}$$

$$V_{j,Rd} = 768,83 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de la unión al cortante.}$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,00 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,00)$$

3.3.4.8. RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS

$$A_w = 27,15 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de todas las soldaduras.}$$

$$A_{wy} = 16,92 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de las soldaduras horizontales.}$$

$$A_{wz} = 10,23 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de las soldaduras verticales.}$$

$$I_{wy} = 1172,21 \quad [\text{cm}^4] \quad \text{Momento de inercia del sistema de soldaduras respecto al eje horizontal.}$$

$$s^{\wedge}_{\max} = t^{\wedge}_{\max} = 2,85 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión normal en la soldadura.}$$

$$s^{\wedge} = t^{\wedge} = 2,37 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensiones en la soldadura vertical.}$$

$$t_{II} = 0,17 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión tangente.}$$

$$b_w = 0,80 \quad \text{Coeficiente de correlación}$$

$$\ddot{O}[s^{\wedge}_{\max}{}^2 + 3*(t^{\wedge}_{\max}{}^2)] \leq f_u / (b_w * g_{M2}) \quad 5,70 < 360,00 \quad \text{verificado} \quad (0,02)$$

$$\ddot{O}[s^{\wedge}{}^2 + 3*(t^{\wedge}{}^2 + t_{II}{}^2)] \leq f_u / (b_w * g_{M2}) \quad 4,74 < 360,00 \quad \text{verificado} \quad (0,01)$$

$$s^{\wedge} \leq 0.9*f_u/g_{M2} \quad 2,85 < 259,20 \quad \text{verificado} \quad (0,01)$$

3.3.4.9. RIGIDEZ DE LA UNIÓN

$$t_{wash} = 4 \quad [\text{mm}] \quad \text{Espesor de la arandela.}$$

$$h_{head} = 12 \quad [\text{mm}] \quad \text{Altura de la cabeza del tornillo.}$$

$$h_{nut} = 16 \quad [\text{mm}] \quad \text{Altura de la rosca del tornillo.}$$

$$L_b = 60 \quad [\text{mm}] \quad \text{Longitud del tornillo.}$$

$k_{10} = 4$ [mm] Coeficiente de rigidez de los tornillos.

RIGIDEZ DE LAS LÍNEAS DE TORNILLOS

Tabla 42. Rigidez de las líneas de tornillos.

Nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	k _{eff,j}	k _{eff,j} h _j	k _{eff,j} h _j ²
					Suma	3,61	55,42
1	197	2	186	15	1	2,03	40,01
2	117	1	174	47	1	1,2	14,03
3	37	1	174	47	1	0,38	1,39

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_{i=1}^5 (1 / k_{i,j}))$$

$$z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$$

$z_{eq} = 153$ [mm] Brazo de fuerzas equivalente.

$$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / z_{eq}$$

$k_{eq} = 2$ [mm] Coeficiente de rigidez equivalente del sistema de tornillos.

$A_{vc} = 37,59$ [cm²] Área en cizallamiento.

$b = 1,00$ Parámetro de la transformación.

$z = 153$ [mm] Brazo de palanca.

$k_1 = 9$ [mm] Coeficiente de rigidez del panel del alma del pilar.

$k_2 = \infty$ Coeficiente de rigidez del alma comprimida del pilar.

$$S_{j,ini} = E z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$$

$S_{j,ini} = 9288,89$ [kN*m] Rigidez inicial en rotación.

$m = 1,00$ Coeficiente de rigidez de la unión.

$$S_j = S_{j,ini} / m$$

$S_j = 9288,89$ [kN*m] Rigidez final en rotación.

CLASE DE LA UNIÓN RESPECTO A LA RIGIDEZ.

$S_{j,rig} = 4041,73$ [kN*m] Rigidez de la unión rígida.

$S_{j,pin} = 252,61$ [kN*m] Rigidez de la unión articulada.

$S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$ RÍGIDA

3.3.5 COMPONENTE MÁS DÉBIL

SOLDADURAS

Unión conforme con la Norma	Relación	0,02
-----------------------------	----------	------

3.4. UNIÓN ENTRE PERFILES CAE 80X5.5

	<p>Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020</p> <p>Cálculo de la unión con cartela</p> <p>EN 1993-1-8:2005/AC:2009</p>	<p></p> <p>Relación 0,15</p>
---	---	--

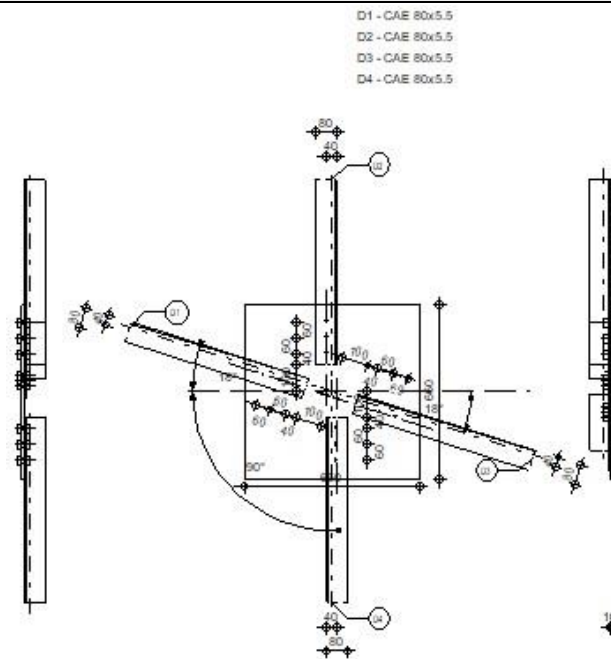


Figura 30. Unión CAE 80x5.5 en cartela.

3.4.1 GENERAL

Unión N.º:	33
Nombre de la unión:	Cartela - arriostramiento
Nudo de la estructura:	741
Barras de la estructura:	1017, 799, 1015, 800,

3.4.2 GEOMETRÍA

3.4.2.1. BARRAS

Tabla 43. Geometría de las barras.

		Barra 1	Barra 2	Barra 3	Barra 4		
Barra N.º:		1017	799	1015	800		
Perfil:		CAE 80x5.5	CAE 80x5.5	CAE 80x5.5	CAE 80x5.5		
	h	80	80	80	80		mm
	b _f	80	80	80	80		mm
	t _w	6	6	6	6		mm
	t _f	6	6	6	6		mm
	r	10	10	10	10		mm
	A	8,6	8,6	8,6	8,6		cm ²
Material:		S 275	S 275	S 275	S 275		
	f _y	275	275	275	275		MPa
	f _u	410	410	410	410		MPa
Angulo	a	17,6	90	17,6	90		Deg
Longitud	l	1,14	1,14	1,53	1,53		m

3.4.2.2. TORNILLOS

BARRA 1

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

Clase = 4.8

Clase del tornillo.

d = 16 [mm] Diámetro del tornillo.

d₀ = 18 [mm] Diámetro del hueco para el tornillo.

A_s = 1,57 [cm²] Área de la sección eficaz del tornillo.

A_v = 2,01 [cm²] Área de la sección del tornillo.

f_{yb} = 320,00 [MPa] Límite de plasticidad.

f_{ub} = 400,00 [MPa] Resistencia del tornillo a tracción.

n = 3 Número de columnas de tornillos.

Separación entre los tornillos 60;60 [mm]

e₁ = 40 [mm] Distancia entre el centro de gravedad del primer tornillo y el tope de la barra.

e₂ = 40 [mm] Distancia entre el eje de tornillos y el borde de la barra.

e_c = 100 [mm] Distancia entre el tope de la barra y el punto de intersección de los ejes de las barras

BARRA 2

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

Clase = 4.8	Clase del tornillo.
d = 16 [mm]	Diámetro del tornillo.
d ₀ = 18 [mm]	Diámetro del hueco para el tornillo.
A _s = 1,57 [cm ²]	Área de la sección eficaz del tornillo.
A _v = 2,01 [cm ²]	Área de la sección del tornillo.
f _{yb} = 320,00 [MPa]	Límite de plasticidad.
f _{ub} = 400,00 [MPa]	Resistencia del tornillo a tracción.
n = 3	Número de columnas de tornillos.
Separación entre los tornillos 60;60 [mm]	
e ₁ = 40 [mm]	Distancia entre el centro de gravedad del primer tornillo y el tope de la barra.
e ₂ = 40 [mm]	Distancia entre el eje de tornillos y el borde de la barra.
e _c = 100 [mm]	Distancia entre el tope de la barra y el punto de intersección de los ejes de las barras

BARRA 3

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

Clase = 4.8	Clase del tornillo.
d = 16 [mm]	Diámetro del tornillo.
d ₀ = 18 [mm]	Diámetro del hueco para el tornillo.
A _s = 1,57 [cm ²]	Área de la sección eficaz del tornillo.
A _v = 2,01 [cm ²]	Área de la sección del tornillo.
f _{yb} = 320,00 [MPa]	Límite de plasticidad.
f _{ub} = 400,00 [MPa]	Resistencia del tornillo a tracción.
n = 3	Número de columnas de tornillos.
Separación entre los tornillos 60;60 [mm]	
e ₁ = 40 [mm]	Distancia entre el centro de gravedad del primer tornillo y el tope de la barra
e ₂ = 40 [mm]	Distancia entre el eje de tornillos y el borde de la barra.
e _c = 100 [mm]	Distancia entre el tope de la barra y el punto de intersección de los ejes de las barras

BARRA 4

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

Clase = 4.8	Clase del tornillo.
d = 16 [mm]	Diámetro del tornillo.

$d_0 = 18$ [mm] Diámetro del hueco para el tornillo.

$A_s = 1,57$ [cm²] Área de la sección eficaz del tornillo.

$A_v = 2,01$ [cm²] Área de la sección del tornillo.

$f_{yb} = 320,00$ [MPa] Límite de plasticidad.

$f_{ub} = 400,00$ [MPa] Resistencia del tornillo a tracción.

$n = 3$ Número de columnas de tornillos.

Separación entre los tornillos 60;60 [mm]

$e_1 = 40$ [mm] Distancia entre el centro de gravedad del primer tornillo y el tope de la barra.

$e_2 = 40$ [mm] Distancia entre el eje de tornillos y el borde de la barra.

$e_c = 100$ [mm] Distancia entre el tope de la barra y el punto de intersección de los ejes de las barras

3.4.2.3. CARTELA

$l_p = 660$ [mm] Longitud de la pletina.

$h_p = 660$ [mm] Altura de la pletina.

$t_p = 10$ [mm] Espesor de la pletina.

PARÁMETROS

$h_1 = 0$ [mm] Entalla.

$v_1 = 0$ [mm] Entalla.

$h_2 = 0$ [mm] Entalla.

$v_2 = 0$ [mm] Entalla.

$h_3 = 0$ [mm] Entalla.

$v_3 = 0$ [mm] Entalla.

$h_4 = 0$ [mm] Entalla.

$v_4 = 0$ [mm] Entalla.

Centro de gravedad de la pletina respecto al centro de gravedad de las barras (0;0)

$e_v = 330$ [mm] Distancia vertical entre le borde de la pletina y el punto de intersección de los ejes de las barras.

$e_H = 330$ [mm] Distancia horizontal entre le borde de la pletina y el punto de intersección de los ejes de las barras .

Material: S 235

$f_y = 235,00$ [MPa] Resistencia.

3.4.2.4. COEFICIENTES DE MATERIAL

$g_{M0} = 1,00$ Coeficiente de seguridad parcial.

$g_{M2} = 1,25$ Coeficiente de seguridad parcial.

3.4.3 CARGAS

Caso: 13: $ELU/1=1*1.35 + 2*1.50 + 4*1.50$ $1*1.35+(2+4)*1.50$

$N_{b1,Ed} = 15,43$ [kN] Esfuerzo axil.

$N_{b2,Ed} = -6,32$ [kN] Esfuerzo axil.

$N_{b3,Ed} = 15,16$ [kN] Esfuerzo axil.

$N_{b4,Ed} = -6,33$ [kN] Esfuerzo axil.

3.4.4 RESULTADOS

3.4.4.1. BARRA 1

RESISTENCIA DE TORNILLOS

$F_{v,Rd} = 38,60$ [kN] Resistencia al cizallamiento del cilindro del tornillo.

$$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / g_{M2}$$

APOYO DEL TORNILLO HACIA EL REFUERZO

Dirección x

$k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bx} = 0,74$ Coeficiente dependiente de la separación de tornillos.

$$a_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bx} > 0.0$ $0,74 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd1x} = 53,45$ [kN] Resistencia de cálculo en el estado límite de plastificación de la pared del hueco.

$$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * a_{bx} * f_u * d * t_i / g_{M2}$$

Dirección z

$k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bz} = 0,74$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$a_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bz} > 0.0$ $0,74 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd1z} = 53,45$ [kN] Resistencia de un tornillo al apoyo.

$$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot a_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

APOYO DEL TORNILLO HACIA LA PLETINA

Dirección x

$k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_1 = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bx} = 0,86$ Coeficiente dependiente de la separación de tornillos.

$$a_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bx} > 0.0$ $0,86 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd2x} = 99,20$ [kN] Resistencia de cálculo en el estado límite de plastificación de la pared del hueco.

$$F_{b,Rd2x} = k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

Dirección z

$k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bz} = 0,98$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$a_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bz} > 0.0$ $0,98 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd2z} = 112,39$ [kN] Resistencia de un tornillo al apoyo.

$$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot a_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

COMPROBACIÓN DE LA UNIÓN RESPECTO A LOS ESFUERZOS SOLICITANDO LOS TORNILLOS

CORTE DE LOS TORNILLOS

$e = 19$ [mm] Excentricidad de la fuerza axial respecto al eje de los tornillos

$M_0 = 0,29$ [kN*m] Momento flector real.

$$M_0 = N_{b1,Ed} \cdot e$$

$F_{NSd} = 5,14$ [kN] Esfuerzo de componente en el tornillo debido al impacto de la fuerza longitudinal

$$F_{NSd} = N_{b1,Ed} / n$$

$F_{MSd} = 2,39$ [kN] Esfuerzo de componente en el tornillo debido al momento.

$$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / S_{xi}^2$$

$F_{x,Ed} = 5,14$	[kN]	Esfuerzo total de cálculo en el tornillo en la dirección x.	
$F_{x,Ed} = F_{NSd}$			
$F_{z,Ed} = 2,39$	[kN]	Esfuerzo total de cálculo en el tornillo en la dirección z.	
$F_{z,Ed} = F_{MSd}$			
$F_{Ed} = 5,67$	[kN]	Esfuerzo cortante resultante en el tornillo.	
$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$			
$F_{Rdx} = 53,45$	[kN]	Resistencia de cálculo eficaz del tornillo en la dirección X.	
$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$			
$F_{Rdz} = 53,45$	[kN]	Resistencia de cálculo eficaz del tornillo en la dirección Z.	
$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$			
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$		$ 5,14 < 53,45$	verificado (0,10)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$		$ 2,39 < 53,45$	verificado (0,04)
$F_{Ed} \leq F_{VRd}$		$5,67 < 38,60$	verificado (0,15)

COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN RESPECTO A LA DEBILITACIÓN POR LOS HUECOS

$b_3 = 0,57$		Coeficiente de reducción.	
$A_{net} = 7,61$	[cm ²]	Área de sección neta.	
$A_{net} = A - d_0 \cdot t_{f1}$			
$N_{u,Rd} = 141,53$	[kN]	Resistencia de cálculo de la sección neta.	
$N_{u,Rd} = (b_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u1}) / g_{M2}$			
$N_{pl,Rd} = 212,97$	[kN]	Resistencia de cálculo plástica de la sección bruta.	
$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y1}) / g_{M2}$			
$ N_{b1,Ed} \leq N_{u,Rd}$		$ 15,43 < 141,53$	verificado (0,11)
$ N_{b1,Ed} \leq N_{pl,Rd}$		$ 15,43 < 212,97$	verificado (0,07)

VERIFICACIÓN DE BARRA - RUPTURA DE TIPO BLOQUE

$A_{nt} = 1,70$	[cm ²]	Área de la zona traccionada neta de la sección.	
$A_{nv} = 6,32$	[cm ²]	Área de la zona cizalada de la sección.	
$V_{effRd} = 128,38$	[kN]	Resistencia de cálculo de la sección debilitada por huecos.	
$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / g_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / g_{M0}$			
$ N_{b1,Ed} \leq V_{effRd}$		$ 15,43 < 128,38$	verificado (0,12)

3.4.4.2. BARRA 2**RESISTENCIA DE TORNILLOS**

$F_{v,Rd} = 38,60$ [kN] Resistencia al cizallamiento del cilindro del tornillo.

$$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / g_{M2}$$

APOYO DEL TORNILLO HACIA EL REFUERZO

Dirección x

$k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bx} = 0,74$ Coeficiente dependiente de la separación de tornillos.

$$a_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bx} > 0.0$ $0,74 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd1x} = 53,45$ [kN] Resistencia de cálculo en el estado límite de plastificación de la pared del hueco.

$$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot a_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

Dirección z

$k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bz} = 0,74$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$a_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bz} > 0.0$ $0,74 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd1z} = 53,45$ [kN] Resistencia de un tornillo al apoyo.

$$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot a_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

APOYO DEL TORNILLO HACIA LA PLETINA

Dirección x

$k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bx} = 0,86$ Coeficiente dependiente de la separación de tornillos.

$$a_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$$a_{bx} > 0.0 \quad 0,86 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$F_{b,Rd2x} = 99,20$ [kN] Resistencia de cálculo en el estado límite de plastificación de la pared del hueco

$$F_{b,Rd2x} = k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

Dirección z

$$k_{1z} = 2,50 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{b,Rd}$$

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1z} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$a_{bz} = 0,98 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{b,Rd}$$

$$a_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$a_{bz} > 0.0 \quad 0,98 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$F_{b,Rd2z} = 112,39 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo al apoyo.}$$

$$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot a_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

COMPROBACIÓN DE LA UNIÓN RESPECTO A LOS ESFUERZOS SOLICITANDO LOS TORNILLOS

CORTE DE LOS TORNILLOS

$$e = 19 \quad [\text{mm}] \quad \text{Excentricidad de la fuerza axial respecto al eje de los tornillos.}$$

$$M_0 = -0,12 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento flector real.}$$

$$M_0 = N_{b2,Ed} \cdot e$$

$$F_{NSd} = -2,11 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo de componente en el tornillo debido al impacto de la fuerza longitudinal}$$

$$F_{NSd} = N_{b2,Ed} / n$$

$$F_{MSd} = -0,98 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo de componente en el tornillo debido al momento.}$$

$$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{\max} / S_{x_i}^2$$

$$F_{x,Ed} = -2,11 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo total de cálculo en el tornillo en la dirección x.}$$

$$F_{x,Ed} = F_{NSd}$$

$$F_{z,Ed} = -0,98 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo total de cálculo en el tornillo en la dirección z.}$$

$$F_{z,Ed} = F_{MSd}$$

$$F_{Ed} = 2,32 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo cortante resultante en el tornillo.}$$

$$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$$

$$F_{Rdx} = 53,45 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de cálculo eficaz del tornillo en la dirección X.}$$

$$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$$

$F_{Rdz} = 53,45$ [kN] Resistencia de cálculo eficaz del tornillo en la dirección Z.

$$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$$

$$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx} \quad |-2,11| < 53,45 \quad \text{verificado} \quad (0,04)$$

$$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz} \quad |-0,98| < 53,45 \quad \text{verificado} \quad (0,02)$$

$$F_{Ed} \leq F_{VRd} \quad 2,32 < 38,60 \quad \text{verificado} \quad (0,06)$$

COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN RESPECTO A LA DEBILITACIÓN POR LOS HUECOS

$b_3 = 0,57$ Coeficiente de reducción.

$A_{net} = 7,61$ [cm²] Área de sección neta.

$$A_{net} = A - d_0 \cdot t_{f2}$$

$N_{u,Rd} = 141,53$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección neta.

$$N_{u,Rd} = (b_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u2}) / g_{M2}$$

$N_{pl,Rd} = 212,97$ [kN] Resistencia de cálculo plástica de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y2}) / g_{M2}$$

$$|N_{b2,Ed}| \leq N_{u,Rd} \quad |-6,32| < 141,53 \quad \text{verificado} \quad (0,04)$$

$$|N_{b2,Ed}| \leq N_{pl,Rd} \quad |-6,32| < 212,97 \quad \text{verificado} \quad (0,03)$$

VERIFICACIÓN DE BARRA - RUPTURA DE TIPO BLOQUE

$A_{nt} = 1,70$ [cm²] Área de la zona traccionada neta de la sección.

$A_{nv} = 6,32$ [cm²] Área de la zona cizalada de la sección.

$V_{effRd} = 128,38$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección debilitada por huecos.

$$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / g_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / g_{M0}$$

$$|N_{b2,Ed}| \leq V_{effRd} \quad |-6,32| < 128,38 \quad \text{verificado} \quad (0,05)$$

3.4.4.3. BARRA 3

RESISTENCIA DE TORNILLOS

$F_{v,Rd} = 38,60$ [kN] Resistencia al cizallamiento del cilindro del tornillo.

$$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / g_{M2}$$

APOYO DEL TORNILLO HACIA EL REFUERZO

Dirección x

$k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1x} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$a_{bx} = 0,74$ Coeficiente dependiente de la separación de tornillos.

$$a_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bx} > 0.0$ $0,74 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd1x} = 53,45$ [kN] Resistencia de cálculo en el estado límite de plastificación de la pared del hueco.

$$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot a_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

Dirección z

$k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bz} = 0,74$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$a_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bz} > 0.0$ $0,74 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd1z} = 53,45$ [kN] Resistencia de un tornillo al apoyo.

$$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot a_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

APOYO DEL TORNILLO HACIA LA PLETINA

Dirección x

$k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bx} = 0,86$ Coeficiente dependiente de la separación de tornillos.

$$a_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$a_{bx} > 0.0$ $0,86 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd2x} = 99,20$ [kN] Resistencia de cálculo en el estado límite de plastificación de la pared del hueco.

$$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot a_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

Dirección z

$k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$a_{bz} = 0,98$ Coeficiente para el cálculo de $F_{b,Rd}$

$$a_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$a_{bz} > 0.0 \quad 0,98 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$F_{b,Rd2z} = 112,39 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo al apoyo.}$$

$$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot a_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

COMPROBACIÓN DE LA UNIÓN RESPECTO A LOS ESFUERZOS SOLICITANDO LOS TORNILLOS

CORTE DE LOS TORNILLOS

$$e = 19 \quad [\text{mm}] \quad \text{Excentricidad de la fuerza axial respecto al eje de los tornillos}$$

$$M_0 = 0,28 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento flector real}$$

$$M_0 = N_{b3,Ed} \cdot e$$

$$F_{NSd} = 5,05 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo de componente en el tornillo debido al impacto de la fuerza longitudinal}$$

$$F_{NSd} = N_{b3,Ed} / n$$

$$F_{MSd} = 2,35 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo de componente en el tornillo debido al momento.}$$

$$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{\max} / S_{x_i}^2$$

$$F_{x,Ed} = 5,05 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo total de cálculo en el tornillo en la dirección x.}$$

$$F_{x,Ed} = F_{NSd}$$

$$F_{z,Ed} = 2,35 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo total de cálculo en el tornillo en la dirección z.}$$

$$F_{z,Ed} = F_{MSd}$$

$$F_{Ed} = 5,57 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo cortante resultante en el tornillo.}$$

$$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$$

$$F_{Rdx} = 53,45 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de cálculo eficaz del tornillo en la dirección X.}$$

$$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$$

$$F_{Rdz} = 53,45 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de cálculo eficaz del tornillo en la dirección Z.}$$

$$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$$

$$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx} \quad |5,05| < 53,45 \quad \text{verificado} \quad (0,09)$$

$$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz} \quad |2,35| < 53,45 \quad \text{verificado} \quad (0,04)$$

$$F_{Ed} \leq F_{VRd} \quad 5,57 < 38,60 \quad \text{verificado} \quad (0,14)$$

COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN RESPECTO A LA DEBILITACIÓN POR LOS HUECOS

$$b_3 = 0,57 \quad \text{Coeficiente de reducción.}$$

$$A_{\text{net}} = 7,61 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de sección neta.}$$

$$A_{\text{net}} = A - d_0 \cdot t_{f3}$$

$$N_{u,Rd} = 141,53 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de cálculo de la sección neta.}$$

$$N_{u,Rd} = (b_3 * A_{net} * f_{u3}) / g_{M2}$$

$$N_{pl,Rd} = 212,97 \quad [kN] \quad \text{Resistencia de cálculo plástica de la sección bruta.}$$

$$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y3}) / g_{M2}$$

$$|N_{b3,Ed}| \leq N_{u,Rd} \quad |15,16| < 141,53 \quad \text{verificado} \quad (0,11)$$

$$|N_{b3,Ed}| \leq N_{pl,Rd} \quad |15,16| < 212,97 \quad \text{verificado} \quad (0,07)$$

VERIFICACIÓN DE BARRA - RUPTURA DE TIPO BLOQUE

$$A_{nt} = 1,70 \quad [cm^2] \quad \text{Área de la zona traccionada neta de la sección.}$$

$$A_{nv} = 6,32 \quad [cm^2] \quad \text{Área de la zona cizalada de la sección.}$$

$$V_{effRd} = 128,38 \quad [kN] \quad \text{Resistencia de cálculo de la sección debilitada por huecos.}$$

$$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / g_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / g_{M0}$$

$$|N_{b3,Ed}| \leq V_{effRd} \quad |15,16| < 128,38 \quad \text{verificado} \quad (0,12)$$

3.4.4.4. BARRA 4

RESISTENCIA DE TORNILLOS

$$F_{v,Rd} = 38,60 \quad [kN] \quad \text{Resistencia al cizallamiento del cilindro del tornillo.}$$

$$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / g_{M2}$$

APOYO DEL TORNILLO HACIA EL REFUERZO

Dirección x

$$k_{1x} = 2,50 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{b,Rd}$$

$$k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1x} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$a_{bx} = 0,74 \quad \text{Coeficiente dependiente de la separación de tornillos.}$$

$$a_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$$a_{bx} > 0.0 \quad 0,74 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$F_{b,Rd1x} = 53,45 \quad [kN] \quad \text{Resistencia de cálculo en el estado límite de plastificación de la pared del hueco.}$$

$$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * a_{bx} * f_u * d * t_i / g_{M2}$$

Dirección z

$$k_{1z} = 2,50 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{b,Rd}$$

$$k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1z} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$a_{bz} = 0,74 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{b,Rd}$$

$$a_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$a_{bz} > 0.0 \quad 0,74 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$F_{b,Rd1z} = 53,45 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo al apoyo.}$$

$$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot a_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

APOYO DEL TORNILLO HACIA LA PLETINA

Dirección x

$$k_{1x} = 2,50 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{b,Rd}$$

$$k_1 = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1x} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$a_{bx} = 0,86 \quad \text{Coeficiente dependiente de la separación de tornillos.}$$

$$a_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$$

$$a_{bx} > 0.0 \quad 0,86 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$F_{b,Rd2x} = 99,20 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de cálculo en el estado límite de plastificación de la pared del hueco.}$$

$$F_{b,Rd2x} = k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

Dirección z

$$k_{1z} = 2,50 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de.}$$

$$F_{b,Rd} \quad k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$$

$$k_{1z} > 0.0 \quad 2,50 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$a_{bz} = 0,98 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{b,Rd}$$

$$a_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$$

$$a_{bz} > 0.0 \quad 0,98 > 0,00 \quad \text{verificado}$$

$$F_{b,Rd2z} = 112,39 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo al apoyo.}$$

$$F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot a_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / g_{M2}$$

COMPROBACIÓN DE LA UNIÓN RESPECTO A LOS ESFUERZOS SOLICITANDO LOS TORNILLOS

CORTE DE LOS TORNILLOS

$$e = 19 \quad [\text{mm}] \quad \text{Excentricidad de la fuerza axial respecto al eje de los tornillos.}$$

$$M_0 = -0,12 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento flector real.}$$

$$M_0 = N_{b4,Ed} \cdot e$$

$$F_{NSd} = -2,11 \quad [\text{kN}] \quad \text{Esfuerzo de componente en el tornillo debido al impacto de la fuerza longitudinal}$$

$$F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$$

$F_{MSd} = -0,98$ [kN] Esfuerzo de componente en el tornillo debido al momento.

$$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / S_{xi}^2$$

$F_{x,Ed} = -2,11$ [kN] Esfuerzo total de cálculo en el tornillo en la dirección x.

$$F_{x,Ed} = F_{NSd}$$

$F_{z,Ed} = -0,98$ [kN] Esfuerzo total de cálculo en el tornillo en la dirección z.

$$F_{z,Ed} = F_{MSd}$$

$F_{Ed} = 2,33$ [kN] Esfuerzo cortante resultante en el tornillo.

$$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$$

$F_{Rdx} = 53,45$ [kN] Resistencia de cálculo eficaz del tornillo en la dirección X.

$$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$$

$F_{Rdz} = 53,45$ [kN] Resistencia de cálculo eficaz del tornillo en la dirección Z.

$$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$$

$|F_{x,Ed}| \leq F_{Rdx}$ $|-2,11| < 53,45$ **verificado** (0,04)

$|F_{z,Ed}| \leq F_{Rdz}$ $|-0,98| < 53,45$ **verificado** (0,02)

$F_{Ed} \leq F_{VRd}$ $2,33 < 38,60$ **verificado** (0,06)

COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN RESPECTO A LA DEBILITACIÓN POR LOS HUECOS

$b_3 = 0,57$ Coeficiente de reducción

$A_{net} = 7,61$ [cm²] Área de sección neta

$$A_{net} = A - d_0 \cdot t_{f4}$$

$N_{u,Rd} = 141,53$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección neta.

$$N_{u,Rd} = (b_3 \cdot A_{net} \cdot f_{u4}) / g_{M2}$$

$N_{pl,Rd} = 212,97$ [kN] Resistencia de cálculo plástica de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y4}) / g_{M2}$$

$|N_{b4,Ed}| \leq N_{u,Rd}$ $|-6,33| < 141,53$ **verificado** (0,04)

$|N_{b4,Ed}| \leq N_{pl,Rd}$ $|-6,33| < 212,97$ **verificado** (0,03)

VERIFICACIÓN DE BARRA - RUPTURA DE TIPO BLOQUE

$A_{nt} = 1,70$ [cm²] Área de la zona traccionada neta de la sección.

$A_{nv} = 6,32$ [cm²] Área de la zona cizalada de la sección.

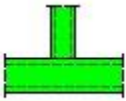
$V_{effRd} = 128,38$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección debilitada por huecos.

$$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / g_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / g_{M0}$$

$$|N_{b4,Ed}| \leq V_{effRd} \quad |-6,33| < 128,38 \quad \text{verificado} \quad (0,05)$$

Unión conforme con la Norma	Relación	0,15
------------------------------------	----------	------


3.5. UNIÓN SOLDADA. NUDOS CON 2 PERFILES TUBULARES. TCAR 140X8 – TCAR 100X3.2.



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020

Cálculo de la unión en el nudo de la celosía

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Relación
0,99

M1 - TCAR 100x3.2

M - TCAR 140x8

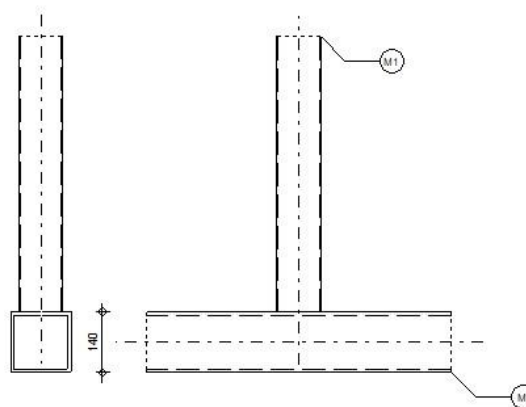


Figura 31. Unión TCAR 140x8 – TCAR 100x3.2.

3.5.1 GENERAL

Unión N.º: 50
 Nombre de la unión: Nudo de celosía de tubos
 Nudo de la estructura: 566
 Barras de la estructura: 706, 684

3.5.2 GEOMETRÍA

3.5.2.1. BARRAS

Tabla 44. Geometría de las barras.

		Cordón	Diagonal 1	Diagonal 2	Poste	
Barra N.º:		706			684	
Perfil:		TCAR 140x8			TCAR 100x3.2	
	h	140			100	mm
	b _f	140			100	mm
	t _w	8			3	mm
	t _f	8			3	mm
	r	18			3	mm
Material:		S 275			S 275	
	f _y	275			275	MPa
	f _u	410			410	MPa
Angulo	q	0			90	Deg
Longitud	l	660			1000	mm

3.5.2.2. SOLDADURAS

$a_d = 6$ [mm] Espesor de la soldadura de las diagonales.

3.5.3 CARGAS

Caso: 24: $ELU/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

3.5.3.1. CORDÓN

$N_{01,Ed} = 15,90$ [kN] Esfuerzo axil.
 $M_{01,Ed} = -5,47$ [kN*m] Momento flector.
 $N_{02,Ed} = 0,00$ [kN] Esfuerzo axil.
 $M_{02,Ed} = 0,00$ [kN*m] Momento flector.

3.5.3.2. POSTE

$N_3 = 25,57$ [kN] Esfuerzo axil.
 $M_3 = 5,08$ [kN*m] Momento flector.

3.5.4 RESULTADOS

3.5.4.1. COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005

$g_{M5} = 1,00$ Coeficiente de seguridad parcial.

MODOS DE FALLO PARA UNIONES (BARRAS DE CORDÓN RHS) para $N_{i,Rd}$ y para $M_{i,Rd}$

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

$b = 0,71$ Coeficiente dependiente de la geometría de las barras de la unión.
 $b = b_3/b_0$
 $g = 8,75$ Coeficiente dependiente de la geometría del cordón.
 $g = b_0/(2 \cdot t_0)$
 $k_n = 1,00$ Coeficiente dependiente de las tensiones en el cordón.
 $k_n = 1.0$

RUINA DE LA CARA DEL CORDÓN

POSTE

$N_{3,Rd} = 219,71$ [kN] Resistencia a la tracción .

$N_{3,Rd} = [(k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2)/(1-b) \cdot \sin(q_3)] \cdot [2 \cdot b/\sin(q_3) + 4 \cdot \ddot{O}(1-b)] / g_{M5}$
 $|N_3| \leq N_{3,Rd}$ $|25,57| < 219,71$ **verificado** (0,12)

$M_{3,Rd} = 12,22$ [kN*m] Resistencia a la flexión.

$M_{3,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_3 \cdot [1/(2 \cdot h) + 2/\ddot{O}[1-b] + h/(1-b)] / g_{M5}$
 $|M_3| \leq M_{3,Rd}$ $|5,08| < 12,22$ **verificado** (0,42)

$N_3/N_{3,Rd} + M_3/M_{3,Rd} \leq 1$ $0,53 < 1,00$ **verificado** (0,53)

CIZALLAMIENTO DEL CORDÓN**POSTE**

$A_v = 22,40$ [cm²] Área del cizallamiento del cordón.

$$A_v = 2 \cdot h_0 \cdot t_0$$

$N_{3,Rd} = 355,65$ [kN] Resistencia a la tracción.

$$N_{3,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(q_3)] / g_{M5}$$

$$|N_3| \leq N_{3,Rd} \quad |25,57| < 355,65 \quad \text{verificado} \quad (0,07)$$

RESISTENCIA DEL CORDÓN

$N_{0,Rd} = 1108,72$ [kN] Resistencia a la tracción.

$$N_{0,Rd} = (A_0 \cdot f_{y0}) / g_{M5}$$

$$|N_{01}| \leq N_{0,Rd} \quad |15,90| < 1108,72 \quad \text{verificado} \quad (0,01)$$

VERIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS**POSTE**

$b_w = 0,84$ Coeficiente de correlación.

$g_{M2} = 1,25$ Coeficiente de seguridad parcial.

Soldadura longitudinal

$s_\perp = 194,67$ [MPa] Tensión normal en la soldadura.

$t_\perp = 194,67$ [MPa] Tensión tangente perpendicular.



$t_{||} = 0,00$ [MPa] Tensión tangente.

$$|s_\perp| \leq 0,9 \cdot f_u / g_{M2} \quad |194,67| < 295,20 \quad \text{verificado} \quad (0,66)$$

$$\sqrt{s_\perp^2 + 3 \cdot (t_\perp^2 + t_{||}^2)} \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2}) \quad 389,34 < 392,48 \quad \text{verificado} \quad (0,99)$$

Unión conforme con la Norma	Relación	0,99
------------------------------------	----------	------

3.6. UNIÓN SOLDADA. NUDOS CON HASTA 4 PERFILES. TCAR 140X8 – TCAR 100X3.2 – TCAR 50X3.2

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020 Cálculo de la unión en el nudo de la celosía EN 1993-1-8:2005/AC:2009	
		Relación 0,94

M1 - TCAR 100x3.2

D1 - TCAR 50x3.2

D2 - TCAR 50x3.2

M - TCAR 140x8

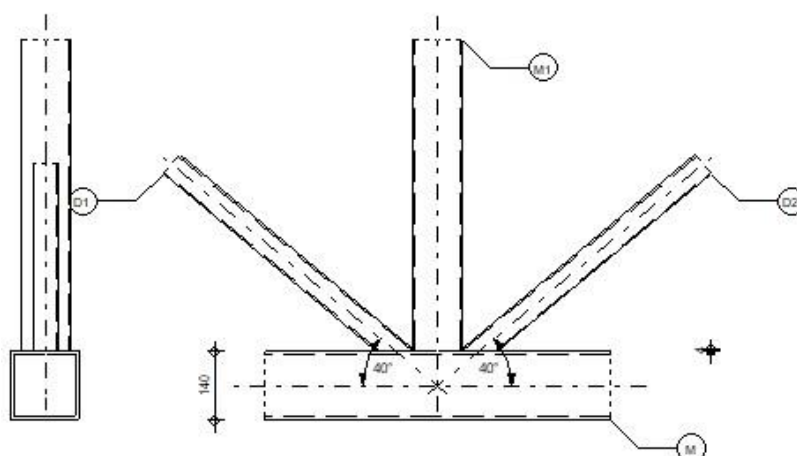


Figura 32. Unión de 4 perfiles. TCAR 140X8 – TCAR 100X3.2 – TCAR 50X3.2.

3.6.1 GENERAL

Unión N.º:	316
Nombre de la unión:	Nudo de celosía de tubos
Nudo de la estructura:	282
Barras de la estructura:	338, 504, 503, 335

3.6.2 GEOMETRÍA

3.6.2.1. BARRAS

Tabla 45. Geometría de las barras.

		Cordón	Diagonal 1	Diagonal 2	Poste	
Barra N.º:		338	503	504	335	
Perfil:		TCAR 140x8	TCAR 50x3.2	TCAR 50x3.2	TCAR 100x3.2	
	h	140	50	50	100	mm
	b _f	140	50	50	100	mm
	t _w	8	3	3	3	mm
	t _f	8	3	3	3	mm
	r	18	3	3	3	mm
Material:		S 275	S 275	S 275	S 275	
	f _y	275	275	275	275	MPa
	f _u	410	410	410	410	MPa
Angulo	q	0	39,8	39,8	90	Deg
Longitud	l	7200	1562	1562	1000	mm

3.6.2.2. EXCENTRICIDAD

$e_0 = 0$ [mm] Excentricidad.

3.6.2.3. SEPARACIONES

$g_1 = -5$ [mm] Separación de la diagonal 1.

$g_2 = -5$ [mm] Separación de la diagonal 2.

3.6.2.4. SOLDADURAS

$a_d = 5$ [mm] Espesor de la soldadura de las diagonales.

3.6.3 CARGAS

Caso: 24: $ELU/12 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$ $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.50$

3.6.3.1. CORDÓN

$N_{01,Ed} = 192,13$ [kN] Esfuerzo axil.

$M_{01,Ed} = -2,34$ [kN*m] Momento flector.

$N_{02,Ed} = 105,73$ [kN] Esfuerzo axil.

$M_{02,Ed} = 0,40$ [kN*m] Momento flector.

3.6.3.2. DIAGONAL 1

$N_1 = -51,75$ [kN] Esfuerzo axil.

$M_1 = 0,04$ [kN*m] Momento flector.

3.6.3.3. DIAGONAL 2

$N_2 = 54,57$ [kN] Esfuerzo axil.

$M_2 = -0,05$ [kN*m] Momento flector.

3.6.3.4. POSTE

$N_3 = 3,34$ [kN] Esfuerzo axil.

$M_3 = -2,65$ [kN*m] Momento flector.

3.6.4 RESULTADOS**3.6.4.1. COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005**

$g_{M5} = 1,00$ Coeficiente de seguridad parcial.

Modos de fallo para uniones (barras de cordón RHS) para $N_{i,Rd}$ y para $M_{i,Rd}$

3.6.4.2. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

$b = 0,48$ Coeficiente dependiente de la geometría de las barras de la unión.
 $b = (b_2 + b_1 + b_3) / (3 * b_0)$ [1.5 (6)]

$g = 8,75$ Coeficiente dependiente de la geometría del cordón.
 $g = b_0 / (2 * t_0)$ [1.5 (6)]

3.6.4.3. RUINA DE LA CARA DEL CORDÓN**DIAGONAL 2**

$M_{2,Rd} = 4,26$ [kN*m] Resistencia a la flexión.
 $M_{2,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^2 * h_2 * [1 / (2 * h) + 2 / \bar{\sigma} [1 - b] + h / (1 - b)] / g_{M5}$

$|M_2| \leq M_{2,Rd}$ $|-0,05| < 4,26$ **verificado** (0,01)

DIAGONAL 1

$M_{1,Rd} = 4,26$ [kN*m] Resistencia a la flexión.
 $M_{1,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^2 * h_1 * [1 / (2 * h) + 2 / \bar{\sigma} [1 - b] + h / (1 - b)] / g_{M5}$

$|M_1| \leq M_{1,Rd}$ $|0,04| < 4,26$ **verificado** (0,01)

POSTE

$M_{3,Rd} = 8,50$ [kN*m] Resistencia a la flexión.
 $M_{3,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^2 * h_3 * [1 / (2 * h) + 2 / \bar{\sigma} [1 - b] + h / (1 - b)] / g_{M5}$

$|M_3| \leq M_{3,Rd}$ $|-2,65| < 8,50$ **verificado** (0,31)

3.6.4.4. DESTRUCCIÓN DE LA BARRA DEL ARRIOSTRAMIENTO

DIAGONAL 2

$l_{ov} = 6,47$ [%] Valor de la superposición de las barras.

$b_{e,ov} = 16$ [mm] Anchura eficaz para la diagonal superpuesta.

$$b_{e,ov} = [10/(b_3/t_3)] * [f_{y3} * t_3 / (f_{y2} * t_2)] * b_2$$

$b_{eff} = 50$ [mm] Anchura eficaz en la unión diagonal-cordón.

$$b_{eff} = b_2$$

$N_{2,Rd} = 58,20$ [kN] Resistencia a la tracción.

$$N_{2,Rd} = f_{y2} * t_2 * [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 * h_2 * (l_{ov}/50) - 4 * t_2] / g_{M5}$$

$$|N_2| \leq N_{2,Rd} \quad |54,57| < 58,20 \quad \text{verificado} \quad (0,94)$$

DIAGONAL 1

$l_{ov} = 6,47$ [%] Valor de la superposición de las barras.

$b_{e,ov} = 16$ [mm] Anchura eficaz para la diagonal superpuesta.

$$b_{e,ov} = [10/(b_3/t_3)] * [f_{y3} * t_3 / (f_{y1} * t_1)] * b_1$$

$b_{eff} = 50$ [mm] Anchura eficaz en la unión diagonal-cordón.

$$b_{eff} = b_1$$

$N_{1,Rd} = 58,20$ [kN] Resistencia a la compresión

$$N_{1,Rd} = f_{y1} * t_1 * [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 * h_1 * (l_{ov}/50) - 4 * t_1] / g_{M5}$$

$$|N_1| \leq N_{1,Rd} \quad |-51,75| < 58,20 \quad \text{verificado} \quad (0,89)$$

POSTE

$b_{eff} = 50$ [mm] Anchura eficaz en la unión poste-cordón.

$$b_{eff} = b_2$$

$N_{3,Rd} = 58,20$ [kN] Resistencia a la tracción.

$$N_{3,Rd} = f_{y2} * t_2 * [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 * h_2 * (l_{ov}/50) - 4 * t_2] / g_{M5}$$

$$|N_3| \leq N_{3,Rd} \quad |3,34| < 58,20 \quad \text{verificado} \quad (0,06)$$

3.6.4.5. VERIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS

DIAGONAL 2

$b_w = 0,84$ Coeficiente de correlación.

$g_{M2} = 1,25$ Coeficiente de seguridad parcial.

SOLDADURA LONGITUDINAL

$s_{\perp} = 19,55$ [MPa] Tensión normal en la soldadura.

$t_{\perp} = 19,55$ [MPa] Tensión tangente perpendicular.

$t_{\parallel} = 33,18$ [MPa] Tensión tangente.

$$|s_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2} \quad |19,55| < 295,20 \quad \text{verificado} \quad (0,07)$$

$$\ddot{O}[s_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{\perp}^2 + t_{\parallel}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2}) \quad 69,52 < 392,48 \quad \text{verificado} \quad (0,18)$$

SOLDADURA TRANSVERSAL INTERIOR

$s_{\perp} = 40,05$ [MPa] Tensión normal en la soldadura.

$t_{\perp} = 13,14$ [MPa] Tensión tangente perpendicular.

$t_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Tensión tangente.

$$|s_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2} \quad |40,05| < 295,20 \quad \text{verificado} \quad (0,14)$$

$$\ddot{O}[s_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{\perp}^2 + t_{\parallel}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2}) \quad 46,06 < 392,48 \quad \text{verificado} \quad (0,12)$$

SOLDADURA TRANSVERSAL EXTERIOR

$s_{\perp} = 16,27$ [MPa] Tensión normal en la soldadura.

$t_{\perp} = 41,18$ [MPa] Tensión tangente perpendicular.

$t_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Tensión tangente.

$$|s_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2} \quad |16,27| < 295,20 \quad \text{verificado} \quad (0,06)$$

$$\ddot{O}[s_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{\perp}^2 + t_{\parallel}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2}) \quad 73,16 < 392,48 \quad \text{verificado} \quad (0,19)$$

DIAGONAL 1

$b_w = 0,84$ Coeficiente de correlación.

$g_{M2} = 1,25$ Coeficiente de seguridad parcial.

SOLDADURA LONGITUDINAL

$s_{\perp} = -18,41$ [MPa] Tensión normal en la soldadura.

$t_{\perp} = -18,41$ [MPa] Tensión tangente perpendicular.

$t_{\parallel} = -31,24$ [MPa] Tensión tangente.

$$|s_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2} \quad |-18,41| < 295,20 \quad \text{verificado} \quad (0,06)$$

$$\ddot{O}[s_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{\perp}^2 + t_{\parallel}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2}) \quad 65,45 < 392,48 \quad \text{verificado} \quad (0,17)$$

SOLDADURA TRANSVERSAL INTERIOR

$s_{\perp} =$	-37,79	[MPa]	Tensión normal en la soldadura.		
$t_{\perp} =$	-12,61	[MPa]	Tensión tangente perpendicular.		
$t_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Tensión tangente.		
$ s_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$			$ -37,79 < 295,20$	verificado	(0,13)
$\ddot{O}[s_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{\perp}^2 + t_{\parallel}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$			$43,65 < 392,48$	verificado	(0,11)

SOLDADURA TRANSVERSAL EXTERIOR

$s_{\perp} =$	-15,07	[MPa]	Tensión normal en la soldadura.		
$t_{\perp} =$	-38,68	[MPa]	Tensión tangente perpendicular.		
$t_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Tensión tangente.		
$ s_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$			$ -15,07 < 295,20$	verificado	(0,05)
$\ddot{O}[s_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{\perp}^2 + t_{\parallel}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$			$68,67 < 392,48$	verificado	(0,17)

POSTE

$b_w =$	0,84	Coeficiente de correlación.
$g_{M2} =$	1,25	Coeficiente de seguridad parcial.

SOLDADURA LONGITUDINAL

$s_{\perp} =$	1,54	[MPa]	Tensión normal en la soldadura.		
$t_{\perp} =$	1,54	[MPa]	Tensión tangente perpendicular.		
$t_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Tensión tangente.		
$ s_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$			$ 1,54 < 295,20$	verificado	(0,01)
$\ddot{O}[s_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{\perp}^2 + t_{\parallel}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$			$3,07 < 392,48$	verificado	(0,01)

SOLDADURA TRANSVERSAL INTERIOR

$s_{\perp} =$	-34,98	[MPa]	Tensión normal en la soldadura.		
$t_{\perp} =$	-34,98	[MPa]	Tensión tangente perpendicular.		
$t_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Tensión tangente.		
$ s_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$			$ -34,98 < 295,20$	verificado	(0,12)
$\ddot{O}[s_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{\perp}^2 + t_{\parallel}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$			$69,95 < 392,48$	verificado	(0,18)

3.6.5 NOTAS

El valor del empalme de la diagonal 2 en el poste es demasiado pequeño [%]	$6,47 < 25,00$
El valor del empalme de la diagonal 1 en el poste es demasiado pequeño [%]	$6,47 < 25,00$

Unión conforme con la Norma

Relación 0,94

3.7. UNIÓN 1 DE LA BARRA INCLINADA. HEB 260 – IPE 140.

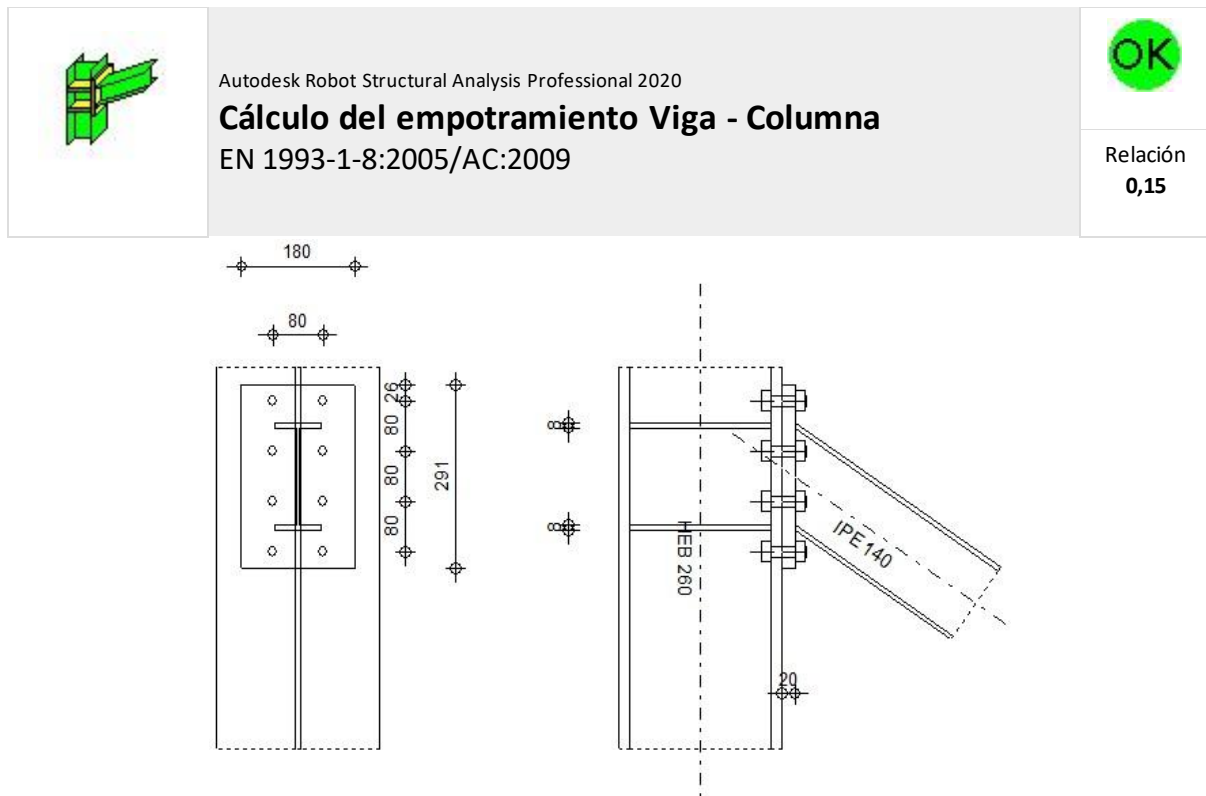


Figura 33. Unión HEB 260 – IPE 140.

3.7.1 GENERAL

Unión N.º: 696

Nombre de la unión: Pilar-viga

Nudo de la estructura: 654

Barras de la estructura: 789, 936

3.7.2 GEOMETRÍA

3.7.2.1. PILAR

Perfil: HEB 260

Barra N.º: 789

$a = -90,0$ [Deg] Ángulo de inclinación.

$h_c = 260$ [mm] Altura de la sección del pilar.

$b_{fc} = 260$ [mm] Anchura de la sección del pilar.

$t_{wc} = 10$ [mm] Espesor del alma de la sección del pilar .

$t_{fc} = 18$ [mm] Espesor del ala del de la sección del pilar.

$r_c =$	24	[mm]	Radio del empalme de la sección del pilar.
$A_c =$	118,44	[cm ²]	Área de la sección del pilar.
$I_{xc} =$	14919,40	[cm ⁴]	Momento de inercia de la sección del pilar.
Material:	S 275		
$f_{yc} =$	275,00	[MPa]	Resistencia.

3.7.2.2. VIGA

Perfil:	IPE 140		
Barra N.º:	936		
$a =$	-35,1	[Deg]	Ángulo de inclinación.
$h_b =$	140	[mm]	Altura de la sección de la viga.
$b_f =$	73	[mm]	Anchura de la sección de la viga.
$t_{wb} =$	5	[mm]	Espesor del alma de la sección de la viga .
$t_{fb} =$	7	[mm]	Espesor del ala de la sección de la viga.
$r_b =$	7	[mm]	Radio del empalme de la sección de la viga.
$r_b =$	7	[mm]	Radio del empalme de la sección de la viga.
$A_b =$	16,43	[cm ²]	Área de la sección de la viga.
$I_{xb} =$	541,22	[cm ⁴]	Momento de inercia de la sección de la viga.
Material:	S 275		
$f_{yb} =$	275,00	[MPa]	Resistencia.

3.7.2.3. TORNILLOS

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

$d =$	16	[mm]	Diámetro del tornillo.
Clase =	10.9	Clase del tornillo.	
$F_{tRd} =$	113,04	[kN]	Resistencia de tornillo a la tracción.
$n_h =$	2	Número de columnas de tornillos.	
$n_v =$	4	Número de líneas de tornillos.	
$h_1 =$	26	[mm]	Distancia entre el primer tornillo y el borde vertical de la pletina de tope.
Separación horizontal $e_i = 80$ [mm]			
Separación vertical $p_i = 80;80;80$ [mm]			

3.7.2.4. PLETINA

$h_p =$	291	[mm]	Altura de la pletina.
$b_p =$	180	[mm]	Anchura de la pletina.
$t_p =$	20	[mm]	Espesor de la pletina.
Material:	S 235		
$f_{yp} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

3.7.2.5. RIGIDIZADOR DEL PILAR**Superior**

$h_{su} =$	225	[mm]	Altura del rigidizador.
$b_{su} =$	125	[mm]	Anchura del rigidizador.
$t_{hu} =$	8	[mm]	Espesor del rigidizador.
Material:	S 235		
$f_{ysu} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

Inferior

$h_{sd} =$	225	[mm]	Altura del rigidizador.
$b_{sd} =$	125	[mm]	Anchura del rigidizador.
$t_{hd} =$	8	[mm]	Espesor del rigidizador.
Material:	S 235		
$f_{ysu} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

3.7.2.6. SOLDADURAS DE ÁNGULO

$a_w =$	4	[mm]	Soldadura del alma.
$a_f =$	5	[mm]	Soldadura del ala.
$a_s =$	4	[mm]	Soldadura del rigidizador.

3.7.2.7. COEFICIENTES DE MATERIAL

$g_{M0} =$	1,00	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M1} =$	1,00	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M2} =$	1,25	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M3} =$	1,25	Coeficiente de seguridad parcial.

3.7.3 CARGAS

Estado límite último

Caso: 24: $ELU/12=1*1.35 + 2*1.50$ $1*1.35+2*1.50$

$M_{b1,Ed} = 1,18$ [kN*m] Momento flector en la viga derecha.

$V_{b1,Ed} = -18,11$ [kN] Esfuerzo cortante en la viga derecha.

$N_{b1,Ed} = -27,47$ [kN] Esfuerzo axil en la viga derecha.

$M_{b2,Ed} = -5,73$ [kN*m] Momento flector en la viga izquierda.

$V_{b2,Ed} = -38,62$ [kN] Esfuerzo cortante en la viga izquierda.

$N_{b2,Ed} = -106,99$ [kN] Esfuerzo axil en la viga izquierda.

$M_{c1,Ed} = 0,06$ [kN*m] Momento flector en el pilar inferior.

$V_{c1,Ed} = -7,14$ [kN] Esfuerzo cortante en el pilar inferior.

$N_{c1,Ed} = -16,25$ [kN] Esfuerzo axil en el pilar inferior.

3.7.4 RESULTADOS

3.7.4.1. RESISTENCIAS DE LA VIGA

COMPRESIÓN

$A_b = 16,43$ [cm²] Área de sección.

$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / g_{M0}$

$N_{cb,Rd} = 451,72$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección a la compresión

CIZALLAMIENTO

$A_{vb} = 7,64$ [cm²] Área en cizallamiento.

$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / g_{M0}$

$V_{cb,Rd} = 121,34$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección al cortante.

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ $0,15 < 1,00$ **verificado** (0,15)

FLEXIÓN - MOMENTO PLÁSTICO (SIN REFUERZOS)

$W_{plb} = 88,35$ [cm³] Módulo de sección plástica.

$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / g_{M0}$

$M_{b,pl,Rd} = 24,30$ [kN*m] Resistencia plástica de la sección en flexión (sin refuerzos)

FLEXIÓN EN EL PUNTO DE CONTACTO CON LA PLETINA O CON EL ELEMENTO UNIDO

$W_{pl} = 88,35$ [cm³] Módulo de sección plástica.

$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$

$M_{cb,Rd} = 24,30$ [kN*m] Resistencia de cálculo de la sección en flexión.

ALA Y ALMA EN COMPRESIÓN

$M_{cb,Rd} = 24,30$ [kN*m] Resistencia de cálculo de la sección en flexión .

$h_f = 133$ [mm] Distancia entre los centros de gravedad de las alas.

$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$

$F_{c,fb,Rd} = 182,54$ [kN] Resistencia del ala comprimida y del alma.

3.7.4.2. RESISTENCIAS DEL PILAR**PANEL DEL ALMA EN CORTANTE**

$M_{b1,Ed} = 1,18$ [kN*m] Momento flector en la viga derecha.

$M_{b2,Ed} = -5,73$ [kN*m] Momento flector en la viga izquierda.

$V_{c1,Ed} = -7,14$ [kN] Esfuerzo cortante en el pilar inferior.

$V_{c2,Ed} = 0,00$ [kN] Esfuerzo cortante en el pilar superior.

$z = 161$ [mm] Brazo de palanca.

$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$

$V_{wp,Ed} = 46,37$ [kN] Esfuerzo cortante en el panel del alma.

$A_{vs} = 37,59$ [cm²] Área del alma del pilar en cortante.

$A_{vc} = 37,59$ [cm²] Área en cizallamiento.

$d_s = 163$ [mm] Distancia entre los centros de gravedad de los rigidizadores.

$M_{pl,fc,Rd} = 5,47$ [kN*m] Resistencia plástica del ala del pilar en flexión.

$M_{pl,stu,Rd} = 0,98$ [kN*m] Resistencia plástica del rigidizador transversal superior en flexión.

$M_{pl,sti,Rd} = 0,98$ [kN*m] Resistencia plástica del rigidizador transversal inferior en flexión.

$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} * f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s , (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$

$V_{wp,Rd} = 616,34$ [kN] Resistencia del panel del alma del pilar en cortante.

$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$ $0,08 < 1,00$ **verificado** (0,08)

ALMA EN COMPRESIÓN TRANSVERSAL - NIVEL DEL ALA INFERIOR DE LA VIGA**Apoyo:**

$t_{wc} = 10$ [mm] Espesor eficaz del alma del pilar.

$b_{eff,c,wc} = 270$	[mm]	Anchura eficaz del alma en compresión.
$A_{vc} = 37,59$	[cm ²]	Área en cizallamiento.
$w = 0,72$		Coeficiente de reducción para la interacción con el cortante.
$s_{com,Ed} = 1,41$	[MPa]	Tensión de compresión máxima en el alma.
$k_{wc} = 1,00$		Coeficiente de reducción dependiente de las tensiones de compresión.
$A_s = 18,20$	[cm ²]	Área del rigidizador del alma.
$F_{c,wc,Rd1} = w k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0} + A_s f_{ys} / g_{M0}$		
$F_{c,wc,Rd1} = 963,66$	[kN]	Resistencia del alma del pilar.

Pandeo:

$d_{wc} = 177$	[mm]	Altura del alma comprimida.
$l_p = 0,74$		Esbeltez del elemento de tipo pletina.
$r = 0,99$		Coeficiente de reducción en pandeo.
$l_s = 2,31$		Esbeltez del rigidizador.
$c_s = 1,00$		Coeficiente de pandeo del rigidizador.
$F_{c,wc,Rd2} = w k_{wc} r b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M1} + A_s c_s f_{ys} / g_{M1}$		
$F_{c,wc,Rd2} = 957,40$	[kN]	Resistencia del alma del pilar.

Resistencia final:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$		
$F_{c,wc,Rd} = 957,40$	[kN]	Resistencia del alma del pilar.

ALMA EN COMPRESIÓN TRANSVERSAL - NIVEL DEL ALA SUPERIOR DE LA VIGA**Apoyo:**

$t_{wc} = 10$	[mm]	Espesor eficaz del alma del pilar.
$b_{eff,c,wc} = 270$	[mm]	Anchura eficaz del alma en compresión.
$A_{vc} = 37,59$	[cm ²]	Área en cizallamiento.
$w = 0,72$		Coeficiente de reducción para la interacción con el cortante.
$s_{com,Ed} = 1,41$	[MPa]	Tensión de compresión máxima en el alma.
$k_{wc} = 1,00$		Coeficiente de reducción dependiente de las tensiones de compresión.
$A_s = 18,20$	[cm ²]	Área del rigidizador del alma.
$F_{c,wc,Rd1} = w k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0} + A_s f_{ys} / g_{M0}$		
$F_{c,wc,Rd1} = 963,66$	[kN]	Resistencia del alma del pilar.

Pandeo:

$d_{wc} =$	177	[mm]	Altura del alma comprimida.
$l_p =$	0,74		Esbeltez del elemento de tipo pletina.
$r =$	0,99		Coefficiente de reducción en pandeo.
$l_s =$	2,31		Esbeltez del rigidizador.
$c_s =$	1,00		Coefficiente de pandeo del rigidizador.

$$F_{c,wc,Rd2} = w k_{wc} r b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M1} + A_s c_s f_{ys} / g_{M1}$$

$$F_{c,wc,Rd2} = 957,40 \text{ [kN]} \quad \text{Resistencia del alma del pilar.}$$

Resistencia final:

$$F_{c,wc,Rd,upp} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$$F_{c,wc,Rd,upp} = 957,40 \text{ [kN]} \quad \text{Resistencia del alma del pilar.}$$

3.7.4.3. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA UNIÓN**LONGITUDES EFICACES Y PARÁMETROS - ALA DEL PILAR**

Tabla 46. Longitudes eficaces y parámetros – Ala del pilar.

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	16	-	90	-	77	99	126	99	126	127	77	77	77
2	16	-	90	-	80	99	126	99	126	130	79	79	79
3	16	-	90	-	80	99	126	99	126	130	79	79	79
4	16	-	90	-	77	99	126	99	126	127	77	77	77

LONGITUDES EFICACES Y PARÁMETROS - PLETINA DE TOPE

Tabla 47. Longitudes eficaces y parámetros – Pletina de tope.

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	33	29	50	26	77	171	90	90	90	-	-	-	-
2	33	-	50	-	80	208	223	208	223	184	165	165	165
3	33	-	50	-	80	208	195	195	195	184	137	137	137
4	33	29	50	26	77	171	90	90	90	-	-	-	-

m – Distancia entre le tornillo y el alma.

m_x – Distancia entre le tornillo y el ala.

e – Distancia entre el tornillo y el borde exterior.

e_x – Distancia entre el tornillo y el borde exterior horizontal.

p – Distancia entre tornillos.

$l_{eff,cp}$ – Longitud eficaz para un tornillo en el modo circular de destrucción.

$l_{eff,nc}$ – Longitud eficaz para un tornillo en el modo no circular de destrucción.

$l_{eff,1}$ – Longitud eficaz para un tornillo para el modo 1.

$l_{eff,2}$ – Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2.

$l_{eff,cp,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos en el modo circular de destrucción.

$l_{eff,nc,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos en el modo no circular de destrucción.

$l_{eff,1,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos para el modo 1.

$l_{eff,2,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos para el modo 2.

3.7.4.4. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA COMPRESIÓN

$$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{cb,Rd} , 2 F_{c,wc,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,upp})$$

$$N_{j,Rd} = 451,72 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de la unión a la compresión.}$$

$$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,06 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,06)$$

3.7.4.5. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN

$$F_{t,Rd} = 113,04 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de tornillo a la tracción.}$$

$$B_{p,Rd} = 259,67 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia del tornillo al punzonamiento / cizallamiento.}$$

$$F_{t,fc,Rd} \quad \text{– Resistencia del ala del pilar en flexión.}$$

$$F_{t,wc,Rd} \quad \text{– Resistencia del alma del pilar en tracción.}$$

$$F_{t,ep,Rd} \quad \text{– Resistencia de la pletina doblada en flexión..}$$

$$F_{t,wb,Rd} \quad \text{– Resistencia del alma en compresión.}$$

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd})$$

$$F_{t,wc,Rd} = w b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0}$$

$$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd})$$

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / g_{M0}$$

RESISTENCIA DE LA LÍNEA DE TORNILLOS NÚMERO 1

$F_{t1,Rd,comp}$ - Fórmula	$F_{t1,Rd,comp}$	Componente
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	182,54	Resistencia de la línea de tornillos.
$F_{t,fc,Rd(1)} = 226,08$	226,08	Ala del pilar – tracción.
$F_{t,wc,Rd(1)} = 261,41$	261,41	Alma del pilar – tracción.
$F_{t,ep,Rd(1)} = 184,01$	184,01	Pletina de tope – tracción.
$B_{p,Rd} = 519,34$	519,34	Tornillo al arrastramiento de la cabeza.
$V_{wp,Rd}/b = 511,39$	511,39	Panel del alma – cortante.
$F_{c,wc,Rd} = 957,40$	957,40	Alma del pilar – compresión.

$$F_{c,fb,Rd} = 182,54$$

$$182,54$$

Ala de la viga – compresión.

RESISTENCIA DE LA LÍNEA DE TORNILLOS NÚMERO 2

F_{t2,Rd,comp} - Fórmula

$$F_{t2,Rd,comp}$$

Componente

$$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$$

$$0,00$$

Resistencia de la línea de tornillos.

$$F_{t,fc,Rd(2)} = 226,08$$

$$226,08$$

Ala del pilar – tracción.

$$F_{t,wc,Rd(2)} = 261,41$$

$$261,41$$

Alma del pilar – tracción.

$$F_{t,ep,Rd(2)} = 226,08$$

$$226,08$$

Pletina de tope – tracción.

$$F_{t,wb,Rd(2)} = 269,00$$

$$269,00$$

Alma de la viga – tracción.

$$B_{p,Rd} = 519,34$$

$$519,34$$

Tornillo al arrastramiento de la cabeza.

$$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 511,39 - 182,54$$

$$328,85$$

Panel del alma – cortante.

$$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 957,40 - 182,54$$

$$774,86$$

Alma del pilar – compresión.

$$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 182,54 - 182,54$$

$$0,00$$

Ala de la viga – compresión.

Los demás tornillos están inactivos (no transfieren cargas) ya que la resistencia de un componente de la unión está agotada o los tornillos están debajo del centro de rotación.

TABLA RACAPITULATIVA DE ESFUERZOS

Tabla 48. Tabla recapitulativa de esfuerzos.

Nr	h _j	F _{tj,Rd}	F _{t,fc,Rd}	F _{t,wc,Rd}	F _{t,ep,Rd}	F _{t,wb,Rd}	F _{t,Rd}	B _{p,Rd}
1	201	182,5	226,1	261,4	184	-	226,1	519,3
2	121	-	226,1	261,4	226,1	269	226,1	519,3
3	41	-	226,1	261,4	226,1	252	226,1	519,3
4	-39	-	226,1	261,4	184	-	226,1	519,3

3.7.4.6. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN M_{J,RD}

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 36,75 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia de la unión a la flexión.}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$$

$$0,03 < 1,00$$

verificado

(0,03)

3.7.4.7. COMPROBACIÓN DE LA INTERACCIÓN M+N

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{j,Rd}$$

$$0,09 < 1,00$$

verificado

(0,09)

3.7.4.8. RESISTENCIA DE LA UNIÓN AL CORTANTE

$$a_v = 0,60$$

Coeficiente para el cálculo de F_{v,Rd}.

$$F_{v,Rd} = 96,51$$

$$[\text{kN}]$$

Resistencia de un tornillo al cortante.

$F_{t,Rd,max} = 113,04$	[kN]	Resistencia de un tornillo a la tracción.
$F_{b,Rd,int} = 229,60$	[kN]	Resistencia de un tornillo intermedio al apoyo.
$F_{b,Rd,ext} = 108,89$	[kN]	Resistencia de un tornillo extremo al apoyo.

Tabla 49. Resistencia de los tornillos al cortante.

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	226,1	-6,87	182,5	5,84	-1,03	193
2	226,1	-6,87	0	0	-6,87	193
3	226,1	-6,87	0	0	-6,87	193
4	226,1	-6,87	0	0	-6,87	193

$F_{tj,Rd,N}$ – Resistencia de la fila de tornillos en tracción simple.

$F_{tj,Ed,N}$ – Esfuerzo en la línea de tornillos debido a la fuerza axil.

$F_{tj,Rd,M}$ – Resistencia de la fila de tornillos en flexión simple.

$F_{tj,Ed,M}$ – Esfuerzo en la línea de tornillos debido al momento.

$F_{tj,Ed}$ – Esfuerzo de tracción máximo en una línea de tornillo.

$F_{vj,Rd}$ – Resistencia reducida de la línea de tornillos.

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd}$$

$$V_{j,Rd} = 772,08 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de la unión al cortante.}$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,02 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,02)$$

3.7.4.9. RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS

$$A_w = 23,70 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de todas las soldaduras.}$$

$$A_{wy} = 12,73 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de las soldaduras horizontales.}$$

$$A_{wz} = 10,97 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de las soldaduras verticales.}$$

$$I_{wy} = 1039,69 \quad [\text{cm}^4] \quad \text{Momento de inercia del sistema de soldaduras respecto al eje horizontal.}$$

$$s^{\wedge}_{max}=t^{\wedge}_{max} = -15,23 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión normal en la soldadura.}$$

$$s^{\wedge}=t^{\wedge} = -13,68 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensiones en la soldadura vertical.}$$

$$t_{||} = -16,51 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión tangente.}$$

$b_w =$	0,80	Coeficiente de correlación.		
$\ddot{O}[s_{\wedge \max}^2 + 3*(t_{\wedge \max}^2)] \leq f_u/(b_w * g_{M2})$	30,47 < 360,00	verificado	(0,08)	
$\ddot{O}[s_{\wedge}^2 + 3*(t_{\wedge}^2 + t_{II}^2)] \leq f_u/(b_w * g_{M2})$	39,57 < 360,00	verificado	(0,11)	
$s_{\wedge} \leq 0.9*f_u/g_{M2}$	15,23 < 259,20	verificado	(0,06)	

3.7.4.10. RIGIDEZ DE LA UNIÓN

$t_{wash} =$	4	[mm]	Espesor de la arandela.
$h_{head} =$	12	[mm]	Altura de la cabeza del tornillo.
$h_{nut} =$	16	[mm]	Altura de la rosca del tornillo.
$L_b =$	60	[mm]	Longitud del tornillo.
$k_{10} =$	4	[mm]	Coeficiente de rigidez de los tornillos.

RIGIDEZ DE LAS LÍNEAS DE TORNILLOS

Tabla 50. Rigidez de las líneas de tornillos.

Nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	k _{eff,j}	k _{eff,j} h _j	k _{eff,j} h _j ²
					Suma	5,24	81,73
1	201	2	94	27	1	2,87	57,85
2	121	2	96	33	1	1,77	21,42
3	41	2	96	27	1	0,6	2,46

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum 1 / k_{i,j})$$

$$z_{eq} = \sum k_{eff,j} h_j^2 / \sum k_{eff,j} h_j$$

$$z_{eq} = 156 \quad [mm] \quad \text{Brazo de fuerzas equivalente.}$$

$$k_{eq} = \sum k_{eff,j} h_j / z_{eq}$$

$$k_{eq} = 3 \quad [mm] \quad \text{Coeficiente de rigidez equivalente del sistema de tornillos.}$$

$$A_{vc} = 37,59 \quad [cm^2] \quad \text{Área en cizallamiento.}$$

$$b = 1,21 \quad \text{Parámetro de la transformación.}$$

$$z = 156 \quad [mm] \quad \text{Brazo de palanca.}$$

$$k_1 = 8 \quad [mm] \quad \text{Coeficiente de rigidez del panel del alma del pilar.}$$

$$k_2 = \infty \quad \text{Coeficiente de rigidez del alma comprimida del pilar.}$$

$$S_{j,ini} = E z_{eq}^2 / \sum (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$$

$$S_{j,ini} = 11904,87 \quad [kN*m] \quad \text{Rigidez inicial en rotación.}$$

$$m = 1,00 \quad \text{Coeficiente de rigidez de la unión.}$$

$$S_j = S_{j,ini} / m$$

$$S_j = 11904,87 \text{ [kN*m]} \text{ Rigidez final en rotación.}$$

CLASE DE LA UNIÓN RESPECTO A LA RIGIDEZ.

$$S_{j,rig} = 2771,39 \text{ [kN*m]} \text{ Rigidez de la unión rígida.}$$

$$S_{j,pin} = 173,21 \text{ [kN*m]} \text{ Rigidez de la unión articulada.}$$



$$S_{j,ini}^3 S_{j,rig} \text{ RÍGIDA}$$

3.7.5 COMPONENTE MÁS DÉBIL

VIGA EN CORTANTE

Unión conforme con la Norma	Relación	0,15
------------------------------------	----------	------

3.8. UNIÓN 2 DE LA BARRA INCLINADA. IPE 140 – IPE 140.

	<p>Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020</p> <p>Cálculo del empotramiento Viga - Columna</p> <p>EN 1993-1-8:2005/AC:2009</p>	<div style="text-align: center;">  Relación 0,18 </div>
---	--	---

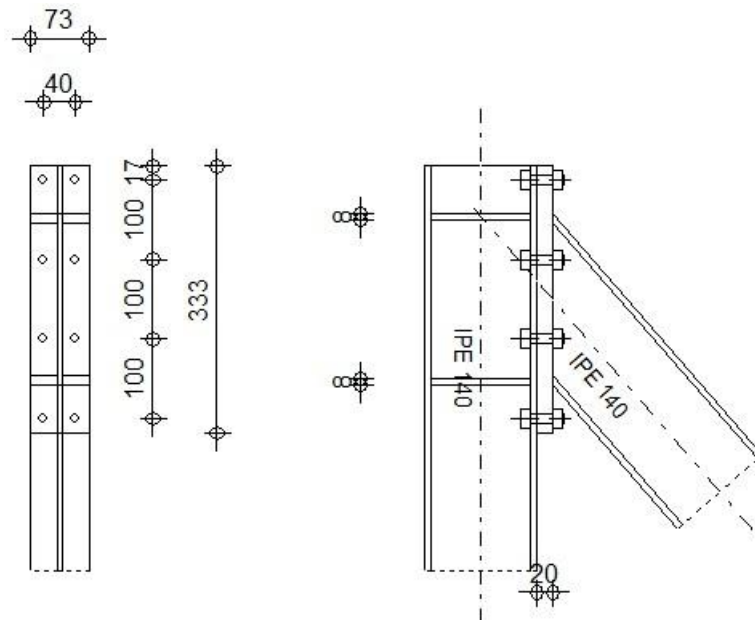


Figura 34. Unión IPE 140 – IPE 140.

3.8.1 GENERAL

Unión N.º:	697
Nombre de la unión:	Ángulo de pórtico.
Nudo de la estructura:	724
Barras de la estructura:	936, 855

3.8.2 GEOMETRÍA

3.8.2.1. PILAR

Perfil:	IPE 140
Barra N.º:	936
a = -90,0 [Deg]	Ángulo de inclinación.
h _c = 140 [mm]	Altura de la sección del pilar.
b _{fc} = 73 [mm]	Anchura de la sección del pilar.
t _{wc} = 5 [mm]	Espesor del alma de la sección del pilar.
t _{fc} = 7 [mm]	Espesor del ala del de la sección del pilar.

$r_c =$	7	[mm]	Radio del empalme de la sección del pilar.
$A_c =$	16,43	[cm ²]	Área de la sección del pilar.
$I_{xc} =$	541,22	[cm ⁴]	Momento de inercia de la sección del pilar.
Material:			S 275
$f_{yc} =$	275,00	[MPa]	Resistencia.

3.8.2.2. VIGA

Perfil:			IPE 140
Barra N.º:			855
$a =$	-49,0	[Deg]	Ángulo de inclinación.
$h_b =$	140	[mm]	Altura de la sección de la viga.
$b_f =$	73	[mm]	Anchura de la sección de la viga.
$t_{wb} =$	5	[mm]	Espesor del alma de la sección de la viga.
$t_{fb} =$	7	[mm]	Espesor del ala de la sección de la viga.
$r_b =$	7	[mm]	Radio del empalme de la sección de la viga.
$r_b =$	7	[mm]	Radio del empalme de la sección de la viga.
$A_b =$	16,43	[cm ²]	Área de la sección de la viga.
$I_{xb} =$	541,22	[cm ⁴]	Momento de inercia de la sección de la viga.
Material:			S 275
$f_{yb} =$	275,00	[MPa]	Resistencia.

3.8.2.3. TORNILLOS

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

$d =$	12	[mm]	Díámetro del tornillo.
Clase =	10.9		Clase del tornillo.
$F_{tRd} =$	60,70	[kN]	Resistencia de tornillo a la tracción.
$n_h =$	2		Número de columnas de tornillos.
$n_v =$	4		Número de líneas de tornillos.
$h_1 =$	17	[mm]	Distancia entre el primer tornillo y el borde vertical de la pletina de tope.
Separación horizontal $e_i =$	40	[mm]	
Separación vertical $p_i =$	100;100;100	[mm]	

3.8.2.4. PLETINA

$h_p =$	333	[mm]	Altura de la pletina.
$b_p =$	73	[mm]	Anchura de la pletina.
$t_p =$	20	[mm]	Espesor de la pletina.
Material:	S 235		
$f_{yp} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

3.8.2.5. RIGIDIZADOR DEL PILAR**SUPERIOR**

$h_{su} =$	126	[mm]	Altura del rigidizador.
$b_{su} =$	34	[mm]	Anchura del rigidizador.
$t_{hu} =$	8	[mm]	Espesor del rigidizador.
Material:	S 235		
$f_{ysu} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

INFERIOR

$h_{sd} =$	126	[mm]	Altura del rigidizador.
$b_{sd} =$	34	[mm]	Anchura del rigidizador.
$t_{hd} =$	8	[mm]	Espesor del rigidizador.
Material:	S 235		
$f_{ysu} =$	235,00	[MPa]	Resistencia.

3.8.2.6. SOLDADURAS DE ÁNGULO

$a_w =$	4	[mm]	Soldadura del alma.
$a_f =$	5	[mm]	Soldadura del ala.
$a_s =$	4	[mm]	Soldadura del rigidizador.

3.8.2.7. COEFICIENTES DE MATERIAL

$g_{M0} =$	1,00	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M1} =$	1,00	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M2} =$	1,25	Coeficiente de seguridad parcial.
$g_{M3} =$	1,25	Coeficiente de seguridad parcial.

3.8.3 CARGAS

Estado límite último

Caso: 24: $ELU/12=1*1.35 + 2*1.50$ $1*1.35+2*1.50$

$M_{b1,Ed} = 3,49$ [kN*m] Momento flector en la viga derecha.

$V_{b1,Ed} = 21,84$ [kN] Esfuerzo cortante en la viga derecha.

$N_{b1,Ed} = 11,05$ [kN] Esfuerzo axil en la viga derecha.

$M_{c2,Ed} = -1,28$ [kN*m] Momento flector en el pilar superior.

$V_{c2,Ed} = -0,54$ [kN] Esfuerzo cortante en el pilar superior.

$N_{c2,Ed} = -32,52$ [kN] Esfuerzo axil en el pilar superior.

3.8.4 RESULTADOS

3.8.4.1. RESISTENCIAS DE LA VIGA

TRACCIÓN

$A_b = 16,43$ [cm²] Área de sección.

$N_{tb,Rd} = A_b f_{yb} / g_{M0}$

$N_{tb,Rd} = 451,72$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección a la tracción.

CIZALLAMIENTO

$A_{vb} = 7,64$ [cm²] Área en cizallamiento.

$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / g_{M0}$

$V_{cb,Rd} = 121,34$ [kN] Resistencia de cálculo de la sección al cortante .

$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ $0,18 < 1,00$ **verificado** (0,18)

FLEXIÓN - MOMENTO PLÁSTICO (SIN REFUERZOS)

$W_{plb} = 88,35$ [cm³] Módulo de sección plástico.

$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / g_{M0}$

$M_{b,pl,Rd} = 24,30$ [kN*m] Resistencia plástica de la sección en flexión (sin refuerzos).

FLEXIÓN EN EL PUNTO DE CONTACTO CON LA PLETINA O CON EL ELEMENTO UNIDO

$W_{pl} = 88,35$ [cm³] Módulo de sección plástico.

$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / g_{M0}$

$M_{cb,Rd} = 24,30$ [kN*m] Resistencia de cálculo de la sección en flexión.

ALA Y ALMA EN COMPRESIÓN

$M_{cb,Rd} = 24,30$ [kN*m] Resistencia de cálculo de la sección en flexión.

$h_f = 133$ [mm] Distancia entre los centros de gravedad de las alas.

$$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$$

$F_{c,fb,Rd} = 182,54$ [kN] Resistencia del ala comprimida y del alma.

3.8.4.2. RESISTENCIAS DEL PILAR**PANEL DEL ALMA EN CORTANTE**

$M_{b1,Ed} = 3,49$ [kN*m] Momento flector en la viga derecha.

$M_{b2,Ed} = 0,00$ [kN*m] Momento flector en la viga izquierda.

$V_{c1,Ed} = 0,00$ [kN] Esfuerzo cortante en el pilar inferior.

$V_{c2,Ed} = -0,54$ [kN] Esfuerzo cortante en el pilar superior.

$z = 201$ [mm] Brazo de palanca.

$$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$$

$V_{wp,Ed} = 17,07$ [kN] Esfuerzo cortante en el panel del alma.

$A_{vs} = 7,64$ [cm²] Área del alma del pilar en cortante.

$A_{vc} = 7,64$ [cm²] Área en cizallamiento.

$d_s = 205$ [mm] Distancia entre los centros de gravedad de los rigidizadores.

$M_{pl,fc,Rd} = 0,24$ [kN*m] Resistencia plástica del ala del pilar en flexión.

$M_{pl,stu,Rd} = 0,27$ [kN*m] Resistencia plástica del rigidizador transversal superior en flexión.

$M_{pl,sti,Rd} = 0,27$ [kN*m] Resistencia plástica del rigidizador transversal inferior en flexión.

$$V_{wp,Rd} = 0,9 (A_{vs} \cdot f_{y,wc}) / (\sqrt{3} g_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$$

$V_{wp,Rd} = 113,86$ [kN] Resistencia del panel del alma del pilar en cortante.

$$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0 \quad 0,15 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,15)$$

ALMA EN COMPRESIÓN TRANSVERSAL - NIVEL DEL ALA INFERIOR DE LA VIGA**APOYO:**

$t_{wc} = 5$ [mm] Espesor eficaz del alma del pilar.

$b_{eff,c,wc} = 134$ [mm] Anchura eficaz del alma en compresión.

$A_{vc} = 7,64$ [cm²] Área en cizallamiento.

$w = 0,73$ Coeficiente de reducción para la interacción con el cortante.

$s_{com,Ed} = 33,06$ [MPa] Tensión de compresión máxima en el alma.

$k_{wc} = 1,00$ Coeficiente de reducción dependiente de las tensiones de compresión.

$A_s = 5,46$ [cm²] Área del rigidizador del alma.

$$F_{c,wc,Rd1} = w k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0} + A_s f_{ys} / g_{M0}$$

$F_{c,wc,Rd1} = 254,70$ [kN] Resistencia del alma del pilar.

PANDEO:

$d_{wc} = 112$ [mm] Altura del alma comprimida.

$l_p = 0,88$ Esbeltez del elemento de tipo pletina.

$r = 0,88$ Coeficiente de reducción en pandeo.

$l_s = 5,15$ Esbeltez del rigidizador.

$c_s = 1,00$ Coeficiente de pandeo del rigidizador.

$$F_{c,wc,Rd2} = w k_{wc} r b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M1} + A_s c_s f_{ys} / g_{M1}$$

$F_{c,wc,Rd2} = 239,27$ [kN] Resistencia del alma del pilar.

RESISTENCIA FINAL:

$$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$F_{c,wc,Rd} = 239,27$ [kN] Resistencia del alma del pilar.

3.8.4.3. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA UNIÓN

LONGITUDES EFICACES Y PARÁMETROS - ALA DEL PILAR

Tabla 51. Longitudes eficaces y parámetros – Ala del pilar.

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	12	-	17	-	97	71	53	53	53	0	0	0	0
2	12	-	17	-	100	76	70	70	70	138	86	86	86
3	12	-	17	-	100	76	70	70	70	138	86	86	86
4	12	-	17	-	97	76	70	70	70	135	85	85	85

LONGITUDES EFICACES Y PARÁMETROS - PLETINA DE TOPE

Tabla 52. Longitudes eficaces y parámetros – Pletina de tope.

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	13	38	17	17	97	151	37	37	37	-	-	-	-
2	13	-	17	-	100	82	75	75	75	141	88	88	88
3	13	-	17	-	100	82	73	73	73	141	87	87	87
4	13	38	17	17	97	151	37	37	37	-	-	-	-

m – Distancia entre le tornillo y el alma.

m_x – Distancia entre le tornillo y el ala.

e – Distancia entre el tornillo y el borde exterior.

e_x – Distancia entre el tornillo y el borde exterior horizontal.

p – Distancia entre tornillos.

$l_{eff,cp}$ – Longitud eficaz para un tornillo en el modo circular de destrucción.

$l_{eff,nc}$ – Longitud eficaz para un tornillo en el modo no circular de destrucción.

$l_{eff,1}$ – Longitud eficaz para un tornillo para el modo 1.

$l_{eff,2}$ – Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2.

$l_{eff,cp,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos en el modo circular de destrucción.

$l_{eff,nc,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos en el modo no circular de destrucción.

$l_{eff,1,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos para el modo 1.

$l_{eff,2,g}$ – Longitud eficaz para un grupo de tornillos para el modo 2.

3.8.4.4. RESISTENCIA DE LA UNIÓN EN TRACCIÓN

$F_{t,Rd} = 60,70$ [kN] Resistencia de tornillo a la tracción.

$B_{p,Rd} = 76,79$ [kN] Resistencia del tornillo al punzonamiento / cizallamiento.

$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{tb,Rd}, n_v n_h F_{t,Rd}, n_v n_h B_{p,Rd})$

$N_{j,Rd} = 451,72$ [kN] Resistencia de la unión en tracción.

$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,02 < 1,00$ **verificado** (0,02)

3.8.4.5. RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN

$F_{t,Rd} = 60,70$ [kN] Resistencia de tornillo a la tracción.

$B_{p,Rd} = 76,79$ [kN] Resistencia del tornillo al punzonamiento / cizallamiento.

$F_{t,fc,Rd}$ – Resistencia del ala del pilar en flexión.

$F_{t,wc,Rd}$ – Resistencia del alma del pilar en tracción

$F_{t,ep,Rd}$ – Resistencia de la pletina doblada en flexión.

$F_{t,wb,Rd}$ – Resistencia del alma en compresión.

$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd}, F_{T,2,fc,Rd}, F_{T,3,fc,Rd})$

$F_{t,wc,Rd} = w b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / g_{M0}$

$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd}, F_{T,2,ep,Rd}, F_{T,3,ep,Rd})$

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / g_{M0}$

RESISTENCIA DE LA LÍNEA DE TORNILLOS NÚMERO 1

F_{t1,Rd,comp} - Fórmula	F_{t1,Rd,comp}	Componente
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	57,20	Resistencia de la línea de tornillos.
$F_{t,fc,Rd(1)} = 57,20$	57,20	Ala del pilar – tracción.
$F_{t,wc,Rd(1)} = 63,83$	63,83	Alma del pilar – tracción.
$F_{t,ep,Rd(1)} = 68,77$	68,77	Pletina de tope – tracción.
$B_{p,Rd} = 153,58$	153,58	Tornillo al arrastramiento de la cabeza.
$V_{wp,Rd}/b = 113,86$	113,86	Panel del alma – cortante.
$F_{c,wc,Rd} = 239,27$	239,27	Alma del pilar – compresión.
$F_{c,fb,Rd} = 182,54$	182,54	Ala de la viga – compresión.

RESISTENCIA DE LA LÍNEA DE TORNILLOS NÚMERO 2

F_{t2,Rd,comp} - Fórmula	F_{t2,Rd,comp}	Componente
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	56,66	Resistencia de la línea de tornillos.
$F_{t,fc,Rd(2)} = 76,49$	76,49	Ala del pilar – tracción.
$F_{t,wc,Rd(2)} = 81,59$	81,59	Alma del pilar – tracción.
$F_{t,ep,Rd(2)} = 121,39$	121,39	Pletina de tope – tracción.
$F_{t,wb,Rd(2)} = 96,57$	96,57	Alma de la viga – tracción.
$B_{p,Rd} = 153,58$	153,58	Tornillo al arrastramiento de la cabeza.
$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 113,86 - 57,20$	56,66	Panel del alma – cortante.
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 239,27 - 57,20$	182,07	Alma del pilar – compresión.
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 182,54 - 57,20$	125,34	Ala de la viga – compresión.

RESISTENCIA DE LA LÍNEA DE TORNILLOS NÚMERO 3

F_{t3,Rd,comp} - Fórmula	F_{t3,Rd,comp}	Componente
$F_{t3,Rd} = \text{Min} (F_{t3,Rd,comp})$	0,00	Resistencia de la línea de tornillos.
$F_{t,fc,Rd(3)} = 76,49$	76,49	Ala del pilar – tracción.
$F_{t,wc,Rd(3)} = 81,59$	81,59	Alma del pilar – tracción.
$F_{t,ep,Rd(3)} = 121,39$	121,39	Pletina de tope – tracción.
$F_{t,wb,Rd(3)} = 94,51$	94,51	Alma de la viga – tracción.
$B_{p,Rd} = 153,58$	153,58	Tornillo al arrastramiento de la cabeza.
$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 113,86 - 113,86$	0,00	Panel del alma – cortante.

$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^2 F_{tj,Rd} = 239,27 - 113,86$	125,41	Alma del pilar – compresión.
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^2 F_{tj,Rd} = 182,54 - 113,86$	68,68	Ala de la viga – compresión.
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 176,40 - 56,66$	119,74	Ala del pilar - tracción – grupo.
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 141,89 - 56,66$	85,23	Alma del pilar - tracción – grupo.
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 242,78 - 56,66$	186,12	Pletina de tope - tracción – grupo.
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum 2^2 F_{tj,Rd} = 225,82 - 56,66$	169,16	Alma de la viga - tracción – grupo.

Los demás tornillos están inactivos (no transfieren cargas) ya que la resistencia de un componente de la unión está agotada o los tornillos están debajo del centro de rotación.

TABLA RACAPITULATIVA DE ESFUERZOS

Tabla 53. Tabla recapitulativa de esfuerzos.

Nr	h_j	$F_{tj,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	251	57,2	57,2	63,83	68,77	-	121,4	153,6
2	151	56,66	76,49	81,59	121,4	96,57	121,4	153,6
3	51	-	76,49	81,59	121,4	94,51	121,4	153,6
4	-49	-	76,49	81,59	68,77	-	121,4	153,6

RESISTENCIA DE LA UNIÓN A LA FLEXIÓN $M_{j,RD}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 22,96 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia de la unión a la flexión.}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,15 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,15)$$

3.8.4.6. RESISTENCIA DE LA UNIÓN AL CORTANTE

$$a_v = 0,60 \quad \text{Coeficiente para el cálculo de } F_{v,Rd}.$$

$$b_{lf} = 0,95 \quad \text{Coeficiente de reducción para las uniones largas.}$$

$$F_{v,Rd} = 51,57 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo al cortante.}$$

$$F_{t,Rd,max} = 60,70 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo a la tracción.}$$

$$F_{b,Rd,int} = 67,90 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo intermedio al apoyo.}$$

$$F_{b,Rd,ext} = 21,50 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de un tornillo extremo al apoyo.}$$

Tabla 54. Resistencia de los tornillos al cortante.

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	121,4	2,76	57,2	8,7	11,46	96,19
2	121,4	2,76	56,66	8,62	11,38	96,24
3	121,4	2,76	0	0	2,76	101,5
4	121,4	2,76	0	0	2,76	101,5

$F_{tj,Rd,N}$ – Resistencia de la fila de tornillos en tracción simple.

$F_{tj,Ed,N}$ – Esfuerzo en la línea de tornillos debido a la fuerza axil.

$F_{tj,Rd,M}$ – Resistencia de la fila de tornillos en flexión simple.

$F_{tj,Ed,M}$ – Esfuerzo en la línea de tornillos debido al momento.

$F_{tj,Ed}$ – Esfuerzo de tracción máximo en una línea de tornillo.

$F_{vj,Rd}$ – Resistencia reducida de la línea de tornillos.

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max}), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd}))$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd}$$

$$V_{j,Rd} = 395,36 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistencia de la unión al cortante.}$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,06 < 1,00 \quad \text{verificado} \quad (0,06)$$

3.8.4.7. RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS

$$A_w = 26,41 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de todas las soldaduras.}$$

$$A_{wy} = 12,73 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de las soldaduras horizontales.}$$

$$A_{wz} = 13,68 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de las soldaduras verticales.}$$

$$I_{wy} = 1679,25 \quad [\text{cm}^4] \quad \text{Momento de inercia del sistema de soldaduras respecto al eje horizontal.}$$

$$s^{\wedge}_{\max} = t^{\wedge}_{\max} = 19,01 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión normal en la soldadura.}$$

$$s^{\wedge} = t^{\wedge} = 15,53 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensiones en la soldadura vertical.}$$

$$t_{II} = 15,97 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Tensión tangente.}$$

$$b_w = 0,80 \quad \text{Coeficiente de correlación.}$$

$$\ddot{O}[s^{\wedge}_{\max}{}^2 + 3*(t^{\wedge}_{\max}{}^2)] \leq f_u / (b_w * g_{M2}) \quad 38,02 < 360,00 \quad \text{verificado} \quad (0,11)$$

$$\ddot{O}[s^{\wedge}{}^2 + 3*(t^{\wedge}{}^2 + t_{II}{}^2)] \leq f_u / (b_w * g_{M2}) \quad 41,59 < 360,00 \quad \text{verificado} \quad (0,12)$$

$$s^{\wedge} \leq 0.9*f_u/g_{M2} \quad 19,01 < 259,20 \quad \text{verificado} \quad (0,07)$$

3.8.4.8. RIGIDEZ DE LA UNIÓN

$$t_{wash} = 3 \quad [\text{mm}] \quad \text{Espesor de la arandela.}$$

$$h_{head} = 9 \quad [\text{mm}] \quad \text{Altura de la cabeza del tornillo.}$$

$$h_{nut} = 12 \quad [\text{mm}] \quad \text{Altura de la rosca del tornillo.}$$

$$L_b = 43 \quad [\text{mm}] \quad \text{Longitud del tornillo.}$$

$k_{10} = 3$ [mm] Coeficiente de rigidez de los tornillos.

RIGIDEZ DE LAS LÍNEAS DE TORNILLOS

Tabla 55. Rigidez de las líneas de tornillos.

Nr	h_j	k_3	k_4	k_5	$k_{eff,j}$	$k_{eff,j} h_j$	$k_{eff,j} h_j^2$
					Suma	2,12	26,77
1	251	0	0	5	0	0	0
2	151	2	12	238	1	1,59	24
3	51	2	12	233	1	0,54	2,77

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum 1 / k_{i,j})$$

$$z_{eq} = \sum k_{eff,j} h_j^2 / \sum k_{eff,j} h_j$$

$z_{eq} = 126$ [mm] Brazo de fuerzas equivalente.

$$k_{eq} = \sum k_{eff,j} h_j / z_{eq}$$

$k_{eq} = 2$ [mm] Coeficiente de rigidez equivalente del sistema de tornillos.

$A_{vc} = 7,64$ [cm²] Área en cizallamiento.

$b = 1,00$ Parámetro de la transformación.

$z = 126$ [mm] Brazo de palanca.

$k_1 = 2$ [mm] Coeficiente de rigidez del panel del alma del pilar.

$k_2 = \infty$ Coeficiente de rigidez del alma comprimida del pilar.

$$S_{j,ini} = E z_{eq}^2 / \sum (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$$

$S_{j,ini} = 3247,18$ [kN*m] Rigidez inicial en rotación.

$m = 1,00$ Coeficiente de rigidez de la unión.

$$S_j = S_{j,ini} / m$$

$S_j = 3247,18$ [kN*m] Rigidez final en rotación.

3.8.5 COMPONENTE MÁS DÉBIL

VIGA EN CORTANTE

3.8.6 NOTAS

Separación vertical entre los tornillos demasiado grande. $100 \text{ [mm]} > 97 \text{ [mm]}$

Unión conforme con la Norma	Relación	0,18
------------------------------------	----------	------

ANEXO IV. CIMENTACIÓN

ÍNDICE DEL ANEXO IV

4.1. INTRODUCCIÓN	222
4.2. ZAPATAS AISLADAS	222
4.2.1 DATOS BÁSICOS	224
4.2.1.1. HIPÓTESIS.....	224
4.2.1.2. GEOMETRÍA	224
4.2.1.3. MATERIALES	224
4.2.1.4. CARGAS SOBRE LA CIMENTACIÓN	224
4.2.2 DISEÑO GEOTÉCNICO	224
4.2.2.1. HIPÓTESIS.....	224
4.2.2.2. SUELO	225
4.2.2.3. ESTADOS LÍMITE	225
4.2.3 DISEÑO DE HORMIGON ARMADO	228
4.2.3.1. HIPÓTESIS.....	228
4.2.3.2. ARMADURA TEÓRICA.....	228
4.2.3.3. ARMADURA REAL	229
4.2.4 CUANTITATIVO.....	229
4.3. LOSA.....	230
4.3.1 DATOS BÁSICOS	232
4.3.1.1. HIPÓTESIS.....	232
4.3.1.2. GEOMETRÍA	232
4.3.1.3. MATERIALES	232
4.3.1.4. CARGAS SOBRE LA CIMENTACIÓN	232
4.3.2 DISEÑO GEOTÉCNICO	233
4.3.2.1. HIPÓTESIS.....	233
4.3.2.2. SUELO	233
4.3.2.3. ESTADOS LÍMITE	234

4.3.3 DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO	236
4.3.3.1. HIPÓTESIS.....	236
4.3.3.2. ANÁLISIS DE CORTANTE	236
4.3.3.3. ARMADURA TEÓRICA.....	236
4.3.3.4. ARMADURA REAL	237
4.3.4 CUANTITATIVO.....	238

4.1. INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de las cimentaciones se emplean las diferentes herramientas de Robot Structural Analysis.

Según un informe geotécnico previo, se sabe que el suelo está formado por grava y piedras, con un peso volumétrico de $1937,46 \text{ kg/m}^3$, una densidad de $2702,25 \text{ kg/m}^3$, un coeficiente de rozamiento de 0,78, un coeficiente de Poisson de 0,20, un coeficiente de elasticidad de 144941 kN/m^3 , y una tensión admisible de $133,33 \text{ MPa}$.

4.2. ZAPATAS AISLADAS

Para el cálculo de las zapatas aisladas se parte de los datos geométricos obtenidos en el apartado “3.1. Unión HEB 260 – Cimentación” del “Anexo III. Uniones”:

- Ancho: 1 m.
- Fondo: 1 m.
- Alto: 0,9 m.

Las zapatas cuentan con un cáliz, situado en su centro, de $0,52 \times 0,52 \times 0,03 \text{ m}$, y una chapa que une el pilar HEB 260 con el cáliz de $0,52 \times 0,52 \times 0,025 \text{ m}$. La Figura 35 muestra la geometría de la zapata.

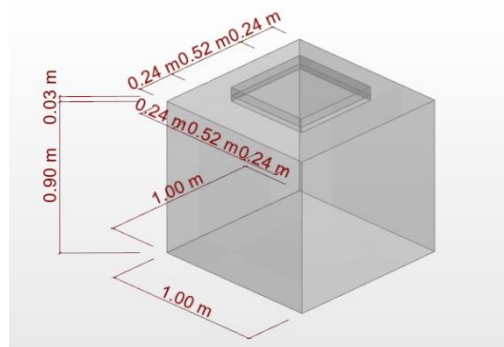


Figura 35. Geometría de las zapatas aisladas.

A continuación, se introducen las cargas obtenidas en el apartado anteriormente mencionado:

$N_{j,Ed} =$	-26,48 [kN]	Esfuerzo axial.
$V_{j,Ed,y} =$	-18,55 [kN]	Esfuerzo cortante.
$V_{j,Ed,x} =$	3,03 [kN]	Esfuerzo cortante.
$M_{j,Ed,y} =$	0,90 [kN*m]	Momento flector.
$M_{j,Ed,x} =$	-14,51 [kN*m]	Momento flector.

A la hora de calcular la zapata, hay que tener en cuenta la zona de excentricidad límite, representada con un rombo, cuyos vértices están a $1/6$ del lado de la zapata respecto al centro de la misma. En este caso, la carga resultante se sitúa dentro de la zona permitida, luego no hay riesgo de vuelco, y se asegura que toda el área de la zapata trabaja.

La Figura 36 muestra la diferencia del área de trabajo de la zapata cuando la fuerza resultante actúa fuera de la zona de excentricidad límite. El punto azul es donde se concentran las cargas y, la zona sombreada refleja el área de trabajo de la zapata. Se ve claramente que esa área es directamente influida por la localización del punto

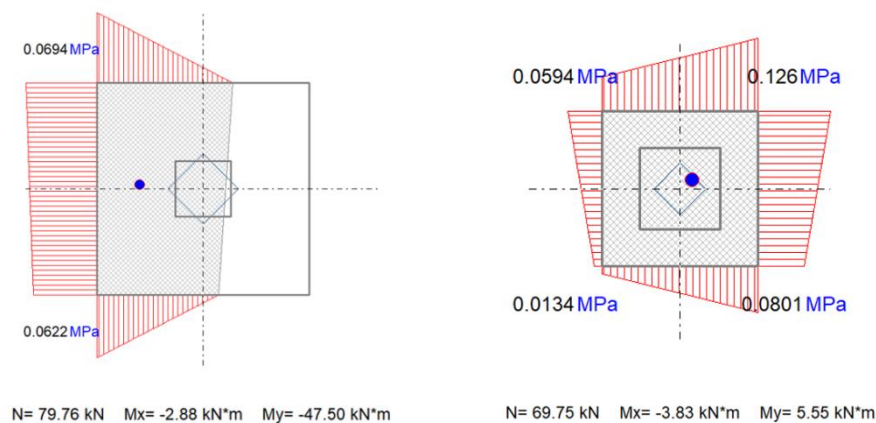


Figura 36. Área de trabajo y leyes de presión de la zapata aislada. Diferencia de áreas de trabajo debido a la posición de la carga resultante.

Se calcula la zapata con 60 barras corrugadas B 500 S longitudinales y transversales de $\varnothing 12 \text{ mm}$ en las zonas superior e inferior de la zapata, y separadas 13,33 cm en ambas direcciones. Además, se añaden 8 conectores de $\varnothing 6 \text{ mm}$ en el centro de la zapata, rodeados por 8 estribos de $\varnothing 8 \text{ mm}$, ambos siendo igualmente barras corrugadas B 500 S. La armadura se colocará de tal modo que se logren 5 cm de recubrimiento. La Figura 37 muestra la disposición de la armadura.

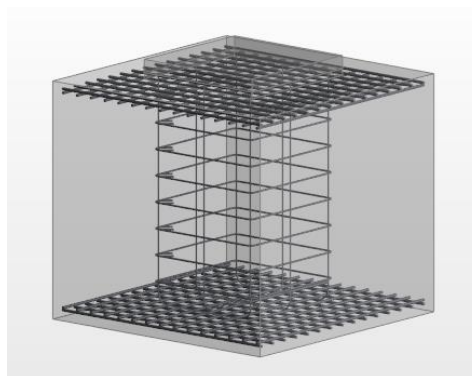


Figura 37. Armadura de las zapatas aisladas.

4.2.1 DATOS BÁSICOS

4.2.1.1. HIPÓTESIS

Norma para los cálculos geotécnicos:	EN 1997-1:2004/A1:2013
Norma para los cálculos de hormigón armado:	EHE 99
Forma de la cimentación:	Cuadrada
Cantidad de elementos :	8

4.2.1.2. GEOMETRÍA

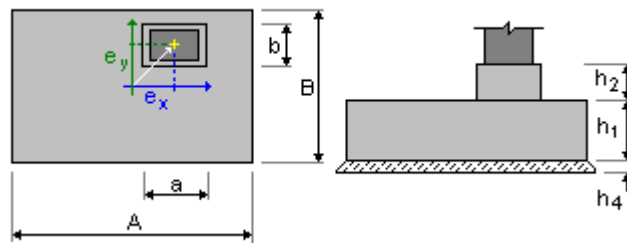


Figura 38. Dimensiones de la zapata.

A	= 1,00 (m)	a	= 0,52 (m)
B	= 1,00 (m)	b	= 0,52 (m)
h1	= 0,90 (m)	ex	= -0,00 (m)
h2	= 0,03 (m)	ey	= 0,00 (m)
h4	= 0,03 (m)		

4.2.1.3. MATERIALES

Hormigón: HA – 20, resistencia característica = 20,00 MPa, Densidad = 2501,36 (kg/m³)

Armaduras longitudinales: B 500 S, resistencia característica = 500,00 MPa

Armaduras transversales: B 500 S, resistencia característica = 500,00 MPa

Armadura adicional: B 500 S, resistencia característica = 500,00 MPa

4.2.1.4. CARGAS SOBRE LA CIMENTACIÓN

Tabla 56. Cargas sobre la zapata.

Caso	Naturaleza	Grupo	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
Q1	carga viva(Categoría A)	1	26,48	3,03	18,45	14,51	0,9

4.2.2 DISEÑO GEOTÉCNICO

4.2.2.1. HIPÓTESIS

Coeficiente de reducción de la cohesión: 0,00

Cimentación prefabricada lisa.

Deslizamiento considerando la presión del suelo: Para las direcciones X y Y

Enfoque de cálculo:

A1 + M1 + R1

$g_f' = 1,00$

$g_c' = 1,00$

$g_{cu} = 1,00$

$g_{qu} = 1,00$

$g_g = 1,00$

$g_{R,v} = 1,00$

$g_{R,h} = 1,00$

A2 + M2 + R1

$g_f' = 1,25$

$g_c' = 1,25$

$g_{cu} = 1,40$

$g_{qu} = 1,40$

$g_g = 1,00$

$g_{R,v} = 1,00$

$g_{R,h} = 1,00$

4.2.2.2. SUELO

Nivel del suelo: $N_1 = -0,10 \text{ (m)}$

Nivel max. de la cimentación: $N_a = 0,00 \text{ (m)}$

Nivel del fondo del excavado: $N_f = -0,50 \text{ (m)}$

Grava gruesa

Nivel del suelo: -0.10 (m)

Peso volumétrico: $1937.46 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

Densidad del sólido: $2702.25 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

Angulo de rozamiento interno: 38.0 (Deg)

Cohesión: 0.00 (MPa)

4.2.2.3. ESTADOS LÍMITE

Cálculo de las tensiones

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme

Combinación dimensionante: **ELU A1 : 1.00G1+1.30Q1**

Coeficientes de carga: **1.00 * peso de la cimentación**

1.00 * peso del suelo

Resultados de cálculos: en el nivel del asiento de la cimentación

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: $Gr = 22,24 \text{ (kN)}$

Carga de diseño: $Nr = 56,67 \text{ (kN)}$ $Mx = -3,32 \text{ (kN*m)}$ $My = 4,81 \text{ (kN*m)}$

Método de cálculos de tensión admisible: Analítica

Excentricidad de la carga:

$|eB| = 0,08 \text{ (m)}$ $|eL| = 0,06 \text{ (m)}$

Dimensiones equivalentes de la cimentación:

$B' = B - 2|eB| = 0,83 \text{ (m)}$

$L' = L - 2|eL| = 0,88 \text{ (m)}$

Profundidad del asiento: $D_{min} = 0,83 \text{ (m)}$

Coeficientes de capacidad de carga:

- $N_g = 27.74$
- $N_c = 35.51$
- $N_q = 23.19$

Coeficientes de influencia de la inclinación de la carga:

- $i_g = 0.25$
- $i_c = 0.42$
- $i_q = 0.44$

Coeficientes de forma:

- $s_g = 0.72$
- $s_c = 1.52$
- $s_q = 1.50$

Coeficientes de inclinación de la base de la cimentación:

- $b_g = 1.00$
- $b_c = 1.00$
- $b_q = 1.00$

Parámetros geotécnicos:

- $C = 0.00 \text{ (MPa)}$
- $\phi = 38,0 \text{ (Deg)}$
- $\rho = 1937.46 \text{ (kG/m}^3\text{)}$

$q_u = 0,28 \text{ (MPa)}$

Resistencia de cálculo del suelo:

$q_{lim} = q_u / \rho_{R,v} = 0.58 \text{ (MPa)}$

- $\rho_{R,v} = 1,00$

Tensión en el suelo: $ref = 0.11 \text{ (MPa)}$

Coeficiente de seguridad: $q_{lim} / q_{ref} = 2,659 > 1$

Alzamiento

Alzamiento en ELU

Combinación dimensionante: **ELU A1 : 1.35G1+1.50Q1**

Coeficientes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo

Superficie de contacto: $s = 0,15$
 $s_{lim} = 0,17$

Deslizamiento

Combinación dimensionante: **ELU A2 : 1.00G1+1.30Q1**

Coeficientes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: $Gr = 22,24$ (kN)

Carga de diseño: $N_r = 56,67$ (kN) $M_x = -3,32$ (kN*m) $M_y = 4,81$ (kN*m)

Dimensiones equivalentes de la cimentación: $A = 1,00$ (m), $B = 1,00$ (m)

Superficie de deslizamiento: $1,00$ (m²)

Coeficiente de rozamiento cimentación - suelo: $\tan(\delta) = 0,38$

Cohesión: $c_u = 0.00$ (MPa)

Presión del suelo considerada:

$H_x = 3,94$ (kN) $H_y = 23,99$ (kN)

$P_{px} = -13,59$ (kN) $P_{py} = -13,59$ (kN)

$P_{ax} = 0,77$ (kN) $P_{ay} = 0,77$ (kN)

Valor de la fuerza de deslizamiento $H_d = 11,16$ (kN)

Valor de la fuerza de estabilización para el deslizamiento de la cimentación:

- en el nivel del asiento: $R_d = 21,46$ (kN)

Estabilidad a deslizamiento: $1,922 > 1$

Vuelco

Alrededor del eje OX

Combinación dimensionante: **ELU A1 : 1.35G1+1.50Q1**

Coeficientes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: $Gr = 22,24$ (kN)

Carga de diseño: $N_r = 61,96$ (kN) $M_x = -3,83$ (kN*m) $M_y = 5,55$ (kN*m)

Momento estabilizador:	$M_{stab} = 52,75 \text{ (kN*m)}$
Momento de vuelco:	$M_{renv} = 25,60 \text{ (kN*m)}$
Estabilidad al vuelco:	$2,06 > 1$
<u>Alrededor del eje OY</u>	
Combinación dimensionante:	ELU A1 : 1.35G1+1.50Q1
Coeficientes de carga:	1.00 * peso de la cimentación 1.00 * peso del suelo
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto:	$Gr = 22,24 \text{ (kN)}$
Carga de diseño: $N_r = 61,96 \text{ (kN)}$	$M_x = -3,83 \text{ (kN*m)}$ $M_y = 5,55 \text{ (kN*m)}$
Momento estabilizador:	$M_{stab} = 30,98 \text{ (kN*m)}$
Momento de vuelco:	$M_{renv} = 5,55 \text{ (kN*m)}$
Estabilidad al vuelco:	$5,578 > 1$

4.2.3 DISEÑO DE HORMIGON ARMADO

4.2.3.1. HIPÓTESIS

Ambiente: I

4.2.3.2. ARMADURA TEÓRICA

Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

ELU : 1.35G1+1.50Q1

$M_y = 3,38 \text{ (kN*m)}$ $A_{sx} = 8,10 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

ELU : 1.35G1+1.50Q1

$M_x = 2,97 \text{ (kN*m)}$ $A_{sy} = 8,10 \text{ (cm}^2\text{/m)}$
 $A_s \text{ min} = 8,10 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

Armaduras superiores:

$M_y = 0,00 \text{ (kN*m)}$ $A'_{sx} = 8,10 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

$M_x = 0,00 \text{ (kN*m)}$ $A'_{sy} = 8,10 \text{ (cm}^2\text{/m)}$
 $A_s \text{ min} = 8,10 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

Fuste:

Armaduras longitudinales $A = 0,00 \text{ (cm}^2\text{)}, A_{\text{mín.}} = 0,00 \text{ (cm}^2\text{)}$
 $A = 2 * (A_{sx} + A_{sy})$
 $A_{sx} = 0,00 \text{ (cm}^2\text{)}, A_{sy} = 0,00 \text{ (cm}^2\text{)}$

4.2.3.3. ARMADURA REAL

Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

Dirección X:

$$15 \text{ B } 500 \text{ S } 12 \quad l = 0,96 \text{ (m)} \quad e = 1 \cdot -0,47 + 14 \cdot 0,07$$

Dirección Y:

$$15 \text{ B } 500 \text{ S } 12 \quad l = 0,96 \text{ (m)} \quad e = 1 \cdot -0,47 + 14 \cdot 0,07$$

Armaduras superiores:

Dirección X:

$$15 \text{ B } 500 \text{ S } 12 \quad l = 0,96 \text{ (m)} \quad e = 1 \cdot -0,47 + 14 \cdot 0,07$$

Dirección Y:

$$15 \text{ B } 500 \text{ S } 12 \quad l = 0,96 \text{ (m)} \quad e = 1 \cdot -0,47 + 14 \cdot 0,07$$

Esperas

Armaduras longitudinales

$$6 \text{ B } 500 \text{ S } 6 \quad l = 1,14 \text{ (m)} \quad e = 1 \cdot -0,22 + 2 \cdot 0,22$$

$$2 \text{ B } 500 \text{ S } 6 \quad l = 1,13 \text{ (m)} \quad e = 1 \cdot -0,23 + 1 \cdot 0,46$$

4.2.4 CUANTITATIVO

Volumen del hormigón = 7,25 (m³)

Superficie de encofrado = 29,22 (m²)

Acero B 500 S

- Peso total = 476,00 (kG)
- Densidad = 65,62 (kG/m³)
- Diámetro medio = 10,6 (mm)
- Lista según diámetros:

Tabla 57. Tipos de barras de la armadura de las zapatas.

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Número de elementos idénticos:
6	1,14	64
8	2,00	64
12	0,96	480

4.3. LOSA

En la zona de carga, la celosía de la cinta transportadora se encuentra en contacto directo con el suelo, por lo que se opta por una losa de hormigón armado como solución a la cimentación de esta zona.

Para el cálculo de la losa con Robot se concentran en un punto las reacciones de los 4 apoyos virtuales empleados en el cálculo de la estructura de la cinta, tal y como se muestra en la Figura 39. La zona de carga cuenta con un área de 4,65 x 1,35 m.

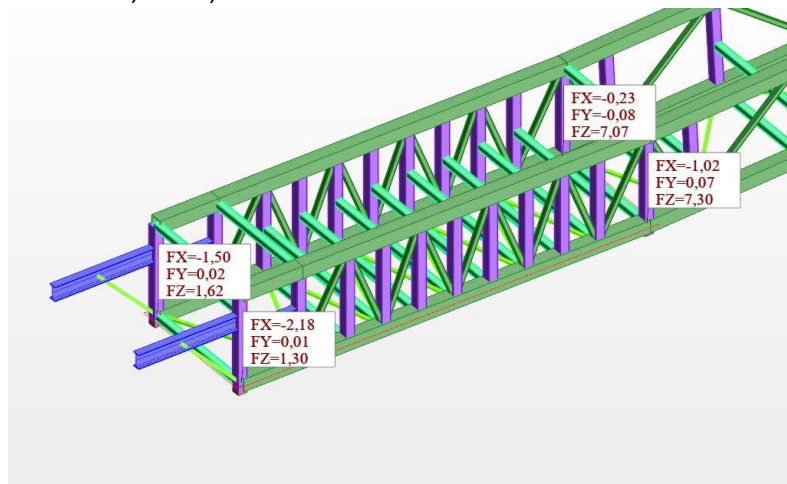
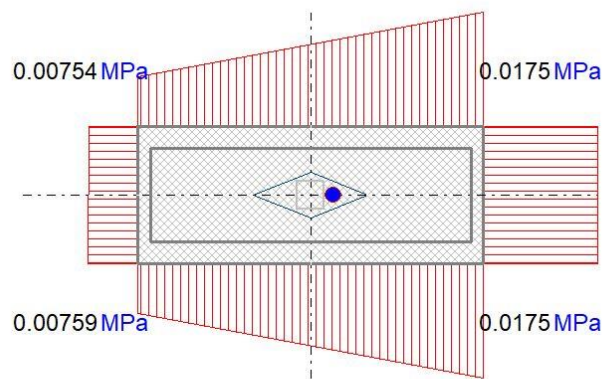


Figura 39. Reacciones en los apoyos virtuales de la zona de carga.

Los valores de las cargas concentradas en centro del área de la zona de carga son:

$N_{j,Ed} =$	-17,29 [kN]	Esfuerzo axial.
$V_{j,Ed,y} =$	0,02 [kN]	Esfuerzo cortante.
$V_{j,Ed,x} =$	4,93 [kN]	Esfuerzo cortante.
$M_{j,Ed,y} =$	26,11 [kN*m]	Momento flector.
$M_{j,Ed,x} =$	0,06 [kN*m]	Momento flector.

El área de la losa será de 5 x 2 m con un canto de 0,30 m y, del mismo modo que en el apartado anterior, Robot muestra el punto de la losa donde se concentra la carga, reflejado en la Figura 40. Se aprecia claramente que no hay riesgo de vuelco.



$$N = 125.28 \text{ kN} \quad M_x = 0.08 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_y = 41.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Figura 40. Área de trabajo y leyes de presión de la losa.

Se calcula la losa con 30 barras corrugadas B 500 S de 4,90 m longitudinales y otras 30 de 1,90 m transversales, todas ellas de $\varnothing 12$ mm en las zonas superior e inferior de la losa, y separadas 13,33 cm en ambas direcciones. Además, se añaden 8 conectores de $\varnothing 6$ mm en el centro de la zapata, rodeados por 1 estribo de $\varnothing 8$ mm, ambos siendo igualmente barras corrugadas B 500 S. La armadura se colocará de tal modo que se logren 5 cm de recubrimiento. La Figura 41 muestra la disposición de la armadura.

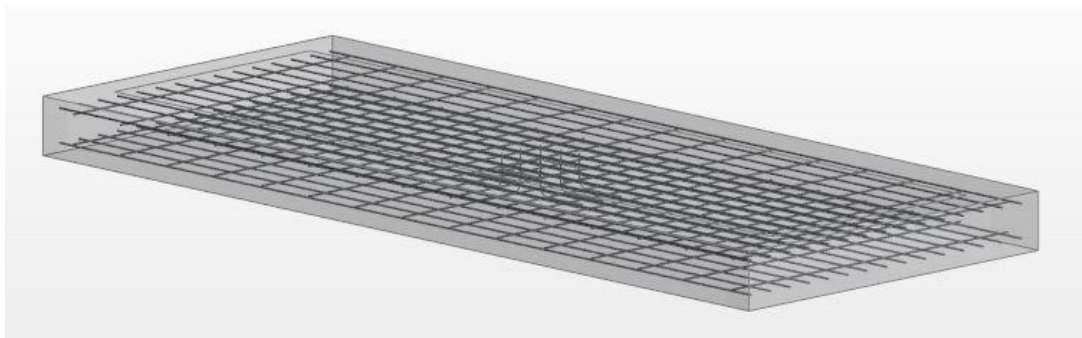


Figura 41. Armadura de la losa.

4.3.1 DATOS BÁSICOS

4.3.1.1. HIPÓTESIS

Norma para los cálculos geotécnicos:	EN 1997-1:2004/A1:2013
Norma para los cálculos de hormigón armado:	EHE 99
Forma de la cimentación:	Rectangular
Número de elementos :	1

4.3.1.2. GEOMETRÍA

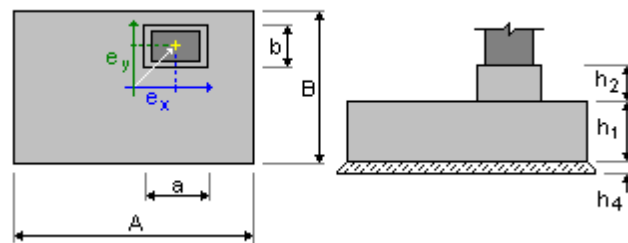


Figura 42. Dimensiones de la losa.

A	= 5,00 (m)	a	= 0,65 (m)
B	= 2,00 (m)	b	= 0,65 (m)
h1	= 0,30 (m)	ex	= 0,00 (m)
h2	= 0,00 (m)	ey	= 0,00 (m)
h4	= 0,05 (m)		

4.3.1.3. MATERIALES

Hormigón: HA - 20; resistencia característica = 20,00 MPa, Densidad = 2501,36 (kG/m³)

Armaduras longitudinales: B 500 S, resistencia característica = 500,00 MPa

Armaduras transversales: B 500 S, resistencia característica = 500,00 MPa

Armadura adicional: B 500 S, resistencia característica = 500,00 MPa

4.3.1.4. CARGAS SOBRE LA CIMENTACIÓN

Tabla 58. Cargas sobre la losa.

Caso	Naturaleza	Grupo	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
Q1	carga viva(Categoría A)	1	17,29	4,93	0,02	0,06	26,11

4.3.2 DISEÑO GEOTÉCNICO

4.3.2.1. HIPÓTESIS

Coeficiente de reducción de la cohesión: 0,00

Cimentación prefabricada lisa.

Deslizamiento considerando la presión del suelo: direcciones X y Y

Enfoque de cálculo:

A1 + M1 + R1

$g_f' = 1,00$

$g_c' = 1,00$

$g_{cu} = 1,00$

$g_{qu} = 1,00$

$g_g = 1,00$

$g_{R,v} = 1,00$

$g_{R,h} = 1,00$

A2 + M2 + R1

$g_f' = 1,25$

$g_c' = 1,25$

$g_{cu} = 1,40$

$g_{qu} = 1,40$

$g_g = 1,00$

$g_{R,v} = 1,00$

$g_{R,h} = 1,00$

4.3.2.2. SUELO

Nivel del suelo: $N_1 = -0,10 \text{ (m)}$

Nivel max. de la cimentación: $N_a = 0,00 \text{ (m)}$

Nivel del fondo del excavado: $N_f = -0,50 \text{ (m)}$

Coarse gravel

Nivel del suelo: -0.10 (m)

Peso volumétrico: $1937.46 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

Densidad del sólido: $2702.25 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

Angulo de rozamiento interno: 38.0 (Deg)

Cohesión: 0.00 (MPa)

4.3.2.3. ESTADOS LÍMITE

Cálculo de las tensiones

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme

Combinación dimensionante: **ELU A2 : 1.00G1+1.30Q1**

Coeficientes de carga: **1.00** * peso de la cimentación

1.00 * peso del suelo

Resultados de cálculos: en el nivel del asiento de la cimentación

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: $G_r = 73,60$ (kN)

Carga de diseño: $N_r = 96,07$ (kN) $M_x = 0,07$ (kN*m) $M_y = 35,87$ (kN*m)

Método de cálculos de tensión admisible: Analítica

Excentricidad de la carga: $|e_B| = 0,00$ (m) $|e_L| = 0,37$ (m)

Dimensiones equivalentes de la cimentación: $B' = B - 2|e_B| = 2,00$ (m) $L' = L - 2|e_L| = 4,25$ (m)

Profundidad del asiento: $D_{min} = 0,20$ (m)

Coeficientes de capacidad de carga:

$N_g = 27.74$

$N_c = 35.51$

$N_q = 23.19$

Coeficientes de influencia de la inclinación de la carga:

$i_g = 0.85$

$i_c = 0.91$

$i_q = 0.91$

Coeficientes de forma:

$s_g = 0.86$

$s_c = 1.26$

$s_q = 1.25$

Coeficientes de inclinación de la base de la cimentación:

$b_g = 1.00$

$b_c = 1.00$

$b_q = 1.00$

Parámetros geotécnicos:

$C = 0.00$ (MPa)

$f = 38,0$ (Deg)

$g = 1937.46$ (kG/m³)

$q_u = 0,49$ (MPa)

Resistencia de cálculo del suelo:

$$q_{lim} = q_u / g_{R,v} = 0.49 \text{ (MPa)}$$

$$g_{R,v} = 1,00$$

$$\text{Tensión en el suelo: } q_{ref} = 0.01 \text{ (MPa)}$$

$$\text{Coeficiente de seguridad: } q_{lim} / q_{ref} = 34.89 > 1$$

Alzamiento

Alzamiento en ELU

Combinación dimensionante:

ELU A1 : 1.35G1+1.50Q1

Coeficientes de carga:

1.00 * peso de la cimentación

1.00 * peso del suelo

$$\text{Superficie de contacto: } s = 0,08 \quad s_{lim} = 0,17$$

Deslizamiento

Combinación dimensionante:

ELU A2 : 1.00G1+1.30Q1

Coeficientes de carga:

1.00 * peso de la cimentación

1.00 * peso del suelo

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto:

$$G_r = 73,59 \text{ (kN)}$$

$$\text{Carga de diseño: } N_r = 96,07 \text{ (kN)} \quad M_x = 0,07 \text{ (kN*m)} \quad M_y = 35,87 \text{ (kN*m)}$$

$$\text{Dimensiones equivalentes de la cimentación: } A = 5,00 \text{ (m)}, B = 2,00 \text{ (m)}$$

$$\text{Superficie de deslizamiento: } 10,00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Coeficiente de rozamiento cimentación - suelo: } \tan(\delta) = 0,38$$

$$\text{Cohesión: } c_u = 0.00 \text{ (MPa)}$$

Presión del suelo considerada:

$$H_x = 6,41 \text{ (kN)} \quad H_y = 0,03 \text{ (kN)}$$

$$P_{px} = -1,60 \text{ (kN)} \quad P_{py} = -3,99 \text{ (kN)}$$

$$P_{ax} = 0,09 \text{ (kN)} \quad P_{ay} = 0,23 \text{ (kN)}$$

$$\text{Valor de la fuerza de deslizamiento: } H_d = 4,90 \text{ (kN)}$$

Valor de la fuerza de estabilización para el deslizamiento de la cimentación:

$$\text{- en el nivel del asiento: } R_d = 36,38 \text{ (kN)}$$

$$\text{Estabilidad a deslizamiento: } 7.422 > 1$$

Vuelco

Alrededor del eje OX

Combinación dimensionante:

ELU A1 : 1.35G1+1.50Q1

Coeficientes de carga:

1.00 * peso de la cimentación

1.00 * peso del suelo

Peso de la cimentación y del suelo superpuesto:	Gr = 73,59 (kN)
Carga de diseño: Nr = 99,53 (kN)	Mx = 0,08 (kN*m) My = 41,38 (kN*m)
Momento estabilizador:	M _{stab} = 99,53 (kN*m)
Momento de vuelco:	M _{renv} = 0,09 (kN*m)
Estabilidad al vuelco:	1106 > 1
<u>Alrededor del eje OY</u>	
Combinación dimensionante:	ELU A1 : 1.35G1+1.50Q1
Coeficientes de carga:	1.00 * peso de la cimentación 1.00 * peso del suelo
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto:	Gr = 73,59 (kN)
Carga de diseño: Nr = 99,53 (kN)	Mx = 0,08 (kN*m) My = 41,38 (kN*m)
Momento estabilizador:	M _{stab} = 248,81 (kN*m)
Momento de vuelco:	M _{renv} = 41,38 (kN*m)
Estabilidad al vuelco:	6.012 > 1

4.3.3 DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO

4.3.3.1. HIPÓTESIS

Ambiente: I

4.3.3.2. ANÁLISIS DE CORTANTE

Cizalladura

Combinación dimensionante:	ELU : 1.00G1+1.50Q1
Coeficientes de carga:	1.00 * peso de la cimentación 1.00 * peso del suelo
Carga de diseño: Nr = 99,53 (kN)	Mx = 0,08 (kN*m) My = 41,38 (kN*m)
Longitud del perímetro crítico:	2,00 (m)
Esfuerzo cortante:	21,82 (kN)
Altura útil de la sección:	heff = 0,24 (m)
Superficie de cizalladura:	A = 0,48 (m ²)
Cuantía de armadura:	r = 0.11 %
Tensión cortante:	0,05 (MPa)
Tensión cortante admisible:	0,44 (MPa)
Coeficiente de seguridad:	9.606 > 1

4.3.3.3. ARMADURA TEÓRICA

Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

ELU : 1.35G1+1.50Q1

$M_y = 31,29 \text{ (kN*m)}$

$A_{sx} = 2,70 \text{ (cm}^2/\text{m)}$

ELU : 1.35G1+1.50Q1

$M_x = 3,92 \text{ (kN*m)}$

$A_{sy} = 2,70 \text{ (cm}^2/\text{m)}$

$A_s \text{ min} = 2,70 \text{ (cm}^2/\text{m)}$

Armaduras superiores:

ELU : 1.35G1+1.50Q1

$M_y = -4,46 \text{ (kN*m)}$

$A'_{sx} = 2,70 \text{ (cm}^2/\text{m)}$

$M_x = 0,00 \text{ (kN*m)}$

$A'_{sy} = 2,70 \text{ (cm}^2/\text{m)}$

$A_s \text{ min} = 2,70 \text{ (cm}^2/\text{m)}$

Fuste:

Armaduras longitudinales:

$A = 0,00 \text{ (cm}^2)$

$A \text{ mín.} = 0,00 \text{ (cm}^2)$

$A = 2 * (A_{sx} + A_{sy})$

$A_{sx} = 0,00 \text{ (cm}^2)$

$A_{sy} = 0,00 \text{ (cm}^2)$

4.3.3.4. ARMADURA REAL

Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

Dirección X:

15 B 500 S 12 $l = 4,90 \text{ (m)}$ $e = 1*-0,93 + 14*0,13$

Dirección Y:

15 B 500 S 12 $l = 1,90 \text{ (m)}$ $e = 1*-2,33 + 14*0,33$

Armaduras superiores:

Dirección X:

15 B 500 S 12 $l = 4,90 \text{ (m)}$ $e = 1*-0,93 + 14*0,13$

Dirección Y:

15 B 500 S 12 $l = 1,90 \text{ (m)}$ $e = 1*-2,33 + 14*0,33$

Esperas

Armaduras longitudinales

8 B 500 S 6 $l = 0,45 \text{ (m)}$ $e = 1*-0,11 + 1*0,00 + 2*0,11 + 1*0,00$

4.3.4 CUANTITATIVO

Volumen del hormigón = 3,00 (m3)

Superficie de encofrado = 4,20 (m2)

Acero B 500 S

- Peso total = 182,41 (kG)
- Densidad = 60,80 (kG/m3)
- Diámetro medio = 11,9 (mm)
- Lista según diámetros:

Tabla 59. Tipos de barras de la armadura de la losa.

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Número de elementos idénticos:
6	0,45	8
8	1,08	1
12	1,9	30
12	4,9	30

ANEXO V. DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

ÍNDICE DEL ANEXO V

5.1. HISTORIA	242
5.2. CINTA TRANSPORTADORA	243
5.2.1 TIPOS DE CINTAS TRANSPORTADORAS	243
5.2.2 BANDA TRANSPORTADORA	248
5.2.2.1. CONSTITUCIÓN DE LA BANDA	249
5.2.2.2. UNIONES	250
5.2.3 RODILLOS	252
5.2.3.1. CONSTITUCIÓN DE LOS RODILLOS	252
5.2.3.2. TIPOS DE RODILLOS	253
5.2.4 TAMBORES	254
5.2.4.1. CONSTITUCIÓN DE LOS TAMBORES	254
5.2.4.2. TIPOS DE TAMBORES	255
5.2.4.3. ABOMBADO DE LOS TAMBORES	256
5.2.4.4. RECUBRIMIENTOS DE LOS TAMBORES	257
5.2.4.5. DIMENSIONADO DEL TAMBOR	257
5.2.4.6. MOTOTAMBORES	259
5.2.5 SISTEMA MOTRIZ	259
5.2.5.1. MOTORES ELÉCTRICOS	259
5.2.5.2. ACOPLAMIENTOS DE ALTA VELOCIDAD	260
5.2.5.3. REDUCTOR DE VELOCIDAD	261
5.2.5.4. ACOPLAMIENTOS DE BAJA VELOCIDAD	261
5.2.5.5. DISPOSITIVO ANTI – RETORNO	262
5.2.5.6. FRENOS	262
5.2.6 EQUIPOS DE LIMPIEZA	262
5.2.6.1. RASCADORES QUE ACTÚAN SOBRE EL TAMBOR MOTRIZ	263
5.2.6.2. RASCADORES QUE ACTÚAN SOBRE EL RESTO DE LOS TAMBORES	264

5.2.7 SISTEMA DE TENSADO	264
5.2.7.1. TIPOS DE TENSORES	265
5.2.8 CARGA Y DESCARGA	265
5.2.8.1. CARGA DE LA CINTA TRANSPORTADORA	266
5.2.8.2. DESCARGA DE LA CINTA TRANSPORTADORA	267

5.1. HISTORIA

Al contrario que otros medios de transporte, las cintas transportadoras han hecho su aparición en fechas relativamente recientes. La primera cinta transportadora de la historia fue inventada por Oliver Evans (Figura 43) en Estados Unidos, en 1795, con el objetivo de transportar grano. Era una cinta descendiente automotriz, y la banda, construida de cuero, reposaba en una canaleta.

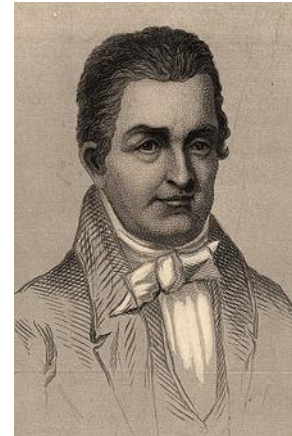


Figura 43. Oliver Evans.
Fuente:
<https://en.wikipedia.org/>

Con el paso de los años este invento se fue modificando y se iba empleando cada vez más en todo tipo de industrias: En el año 1859 se instalan cintas transportadoras en el canal de Suez, para la construcción del mismo, de la mano de Fernando de Lesseps. En 1885, Thomas Robins (Figura 44) inventó la terna de rodillos en su forma actual, solucionando el problema del resbalamiento de la banda. En 1913, Henry Ford, en su nuevo modelo de producción en cadena, introdujo cintas transportadoras para trasladar los vehículos por la cadena de montaje. En 1942 se instala la primera cinta ST, Steelcord, de cables de acero, en Estados Unidos, ideales para grandes longitudes de transporte por su elevada resistencia. En 1960 aparecen las bandas EP, sustituyendo a las de algodón por tener mayor resistencia que éstas últimas. En 1970 aparece la cinta tubular o Pipe Conveyor (Figura 45), ideales para el transporte de material con elevada inclinación.



Figura 45. Cinta tubular. Fuente:
<https://www.justdial.com/>



Figura 44. Thomas Robins. Fuente:
<https://en.wikipedia.org/>

En la actualidad, las cintas transportadoras se instalan en forma horizontal, inclinada o con curvas horizontales o verticales. Cuentan con una gran variedad de motores y reductores para su funcionamiento. Además, la banda puede ser fabricada con gran variedad de materiales como nylon, poliéster, poliuretano o PVC, dependiendo del material transportado por la cinta.

5.2. CINTA TRANSPORTADORA

El transporte de material es uno de los procesos más costosos para una empresa, por lo que siempre se ha buscado la forma más eficiente y económica de realizar esta operación. Se han desarrollado muchos tipos de sistemas para transportar materiales, como por ejemplo los elevadores de cangilones, los transportadores de cadenas o redlers y los transportadores de tornillo sin fin.

Tal y como explica López Roa (2002), las cintas transportadoras se han afianzado como un medio seguro y económico de transporte en multitud de industrias y procesos de fabricación, puesto que son capaces de transportar altas capacidades de material discontinuo o a granel aumentando la productividad y la rentabilidad económica, gracias a su gran disposición para adaptarse al terreno y poder sortear diferencias de altura considerables, largas longitudes de transporte y cambios de dirección mediante curvas.

Para el diseño de una cinta transportadora hay que emplear conocimientos de diferentes ramas de la Ingeniería Mecánica como, por ejemplo, Ingeniería Gráfica, Diseño de Máquinas, Estructuras y Estructuras Metálicas.

5.2.1 TIPOS DE CINTAS TRANSPORTADORAS

Una cinta transportadora es un sistema mecánico de transporte continuo formado principalmente por una banda continua que se mueve entre dos tambores. Una cinta puede formar parte de un proceso productivo o trabajar como un elemento individual. Este elemento es de carácter normalmente electromecánico y está destinado a transportar productos y materias primas entre dos o más puntos, separados hasta por longitudes muy grandes, pudiéndolos transportar de forma horizontal o inclinada adaptándose al terreno.

Las cintas transportadoras pueden clasificarse según su grado de libertad y según el elemento que usen para transportar el material.

Según el grado de libertad, las cintas transportadoras pueden ser fijas (Figura 46) o móviles (Figura 47). Las cintas fijas son aquellas que realizan su trabajo en una sola posición inamovible, con una estructura soporte que puede incluso contar con su propia cimentación. Las cintas móviles son aquellas que pueden trabajar variando su posición, gracias a que están provistas de ruedas u otros elementos que permiten su desplazamiento, generalmente, para distribuir el material transportado en la zona de descarga tal y como se desee.



Figura 47. Cinta móvil. Fuente: googleimagenes.com



Figura 46. Cinta fija. Fuente: googleimagenes.com

Por otro lado, según el elemento empleado para transportar el material, las cintas transportadoras pueden ser de banda, de rodillos, de ruedas, de listones, de cadenas, de carro sobre rieles, de carro aéreo y de cable enterrado.

- **Cintas transportadoras de banda (Figura 48):** Son las cintas más representativas y del tipo que se diseñará en este trabajo. Se utilizan sobre todo en minas y canteras.



Figura 48. Cinta transportadora de banda. Fuente: googleimagenes.com

El principal elemento de una cinta transportadora de este tipo es la banda, puesto que es la que soporta el material transportado y la que le transmite su movimiento. Como se muestra en la Figura 49, la banda está situada entre dos tambores colocados en los extremos de la cinta, donde el que se encuentra en la parte superior de la misma, llamada cabeza, suele ser el tambor motriz acoplado al motor que provoca el movimiento de la banda. Mientras, el tambor situado en la parte inferior, o cola, es el tambor de redirección. A su vez, la banda se encuentra apoyada en ciertos puntos del trayecto sobre unas estaciones de rodillos que giran, disminuyendo su resistencia al movimiento.

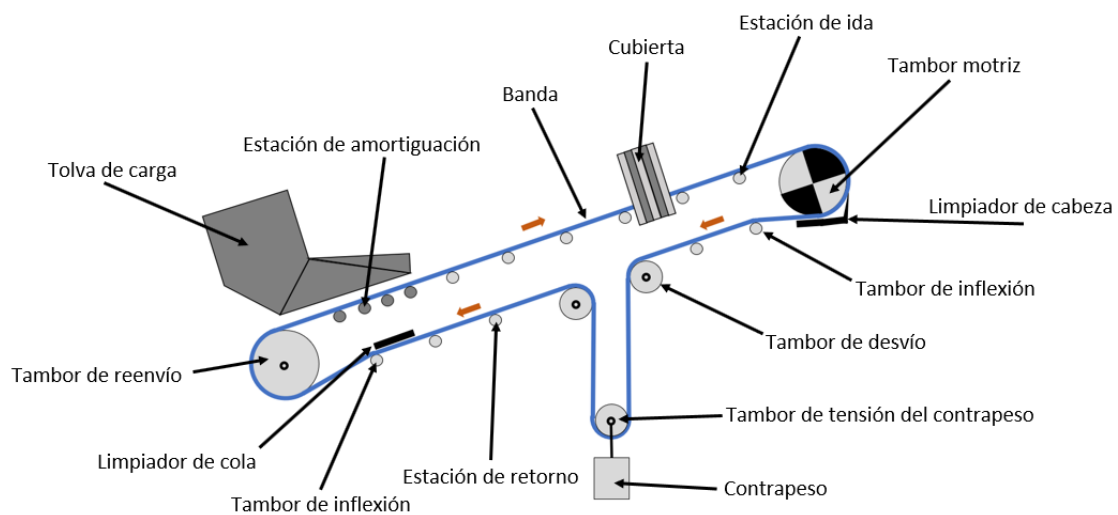


Figura 49. Esquema de los elementos de una cinta transportadora.

- **Cintas transportadoras de rodillos (Figura 50):** La superficie de transporte de estas cintas está formada por un conjunto de rodillos situados muy próximos entre sí que permiten, mediante su giro, el desplazamiento del material. Se utilizan sobre todo en operaciones de procesado y almacenamiento de objetos y piezas.

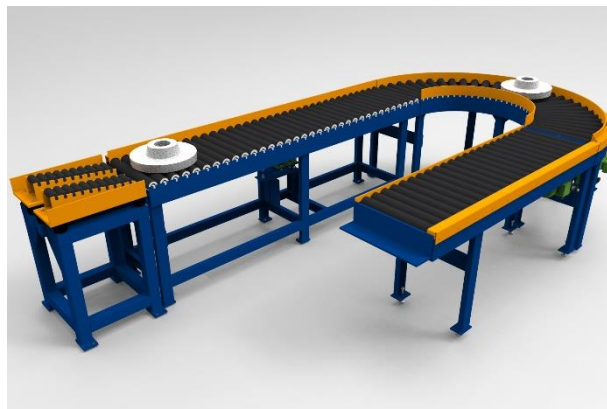


Figura 50. Cinta transportadora de rodillos. Fuente: <http://www.cintatransportadorasvea.es/>

- **Cintas transportadoras de ruedas (Figura 51):** Son similares a las cintas de rodillos, salvo que la superficie de transporte deja amplios espacios entre las ruedas, funcionando de forma similar a los rodillos pero para materiales de mayor volumen, como por ejemplo palés. Sin embargo, las cargas a transportar deben ser ligeras debido a que, ante menor superficie de contacto con el material, mayor es la carga que soporta cada punto, en este caso, cada rueda.



Figura 51. Cinta transportadora de ruedas.

Fuente: <https://es.uline.mx/>

- **Cintas transportadoras de listones** (Figura 52): Estas cintas disponen de una superficie de transporte formada por listones o placas, cuya ventaja principal es que los listones permiten un uso intensivo con un desgaste inferior. Se utilizan para diversas funciones e industrias comprendiendo desde la manipulación de alimentos hasta el transporte de objetos como cajas, tambores o palés en el entorno de las fundiciones y fábricas de acero.



Figura 52. Cinta transportadora de listones.

Fuente: <https://www.indiamart.com/>

- **Cintas transportadoras de cadenas** (Figura 53): En estas cintas la superficie de transporte está formada por la suma de eslabones de acero formando cadenas. Se emplean para transportar objetos de grandes volúmenes como palés, sobre todo en la industria alimentaria y manufacturera.

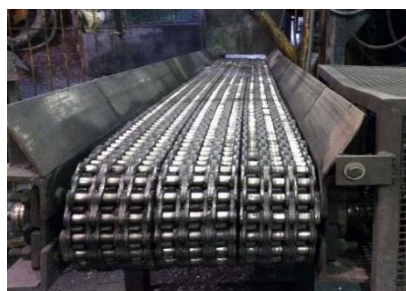


Figura 53. Cinta transportadora de cadenas. Fuente:

<http://www.cintatransportadorasvea.es/>

- **Cinta transportadora de carro sobre rieles** (Figura 54): Este sistema de transporte está formado por carros individuales que son los que se encargan de desplazar las cargas. Estos

carros son guiados por dos rieles como si de una vagoneta se tratase, y son impulsados mediante un tubo rotatorio situado entre los rieles cuyo giro se convierte en el avance del carro. Este método de transporte ofrece gran precisión en el posicionamiento de las cargas, por lo que se emplea para la manufactura y el procesado de piezas, como por ejemplo, en líneas de soldadura.



Figura 54. Cinta transportadora de carro sobre rieles.

Fuente: <https://mwpvl.com/>

- **Cinta transportadora de carro aéreo (Figura 55):** Este tipo de cinta es ligeramente similar al anterior. Se diferencian en que esta vez solo se dispone de un riel y está suspendido del techo de la nave o de la habitación donde se encuentre. Las cargas se desplazan únicamente sujetas por su parte superior, colgadas del carro que se desplaza por el riel. El transportar las cargas suspendidas permite facilitar operaciones como el pintarlas o inspeccionarlas en los controles de calidad.
- **Cinta transportadora de cable enterrado (Figura 56):** Una vez más, este sistema es similar a los dos últimos, pero esta vez destaca que los carros son desplazados mediante la tracción de un cable situado en un carril que circula por el suelo.



Figura 56. Cinta transportadora de cable enterrado. Fuente: <http://fawlogistics.es/>



Figura 55. Cinta transportadora de carro aéreo. Fuente: <https://www.emaze.com/>

5.2.2 BANDA TRANSPORTADORA

La banda es el elemento más importante de una cinta transportadora, puesto que es la que permite que el material se desplace al entrar directamente en contacto con él. Visto esto, la banda tiene que cumplir con determinadas premisas a la hora de realizar su trabajo, tales como:

- Transportar la carga.
- Resistir los esfuerzos durante el arranque de la cinta.
- Resistir los esfuerzos en régimen permanente.
- Absorber la energía de impacto en el punto de carga.
- Soportar los efectos derivados de la temperatura, la abrasión y los agentes químicos.
- Cumplir con los estándares de seguridad.

Por ello, la banda es uno de los elementos más costosos de una cinta transportadora, ya sea por la adquisición de la propia banda o por su mantenimiento.

La Figura 57 muestra los diferentes tipos de banda que, según López Roa (2002), pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Según el tipo de tejido:
 - De algodón.
 - De tejidos sintéticos.
 - De cables de acero.
- Según la disposición del tejido:
 - De varias telas o capas.
 - De tejido sólido (solid woven).
- Según el aspecto de la superficie portante de la carga:
 - Lisas (las más corrientes).
 - Rugosas.
 - Con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados.

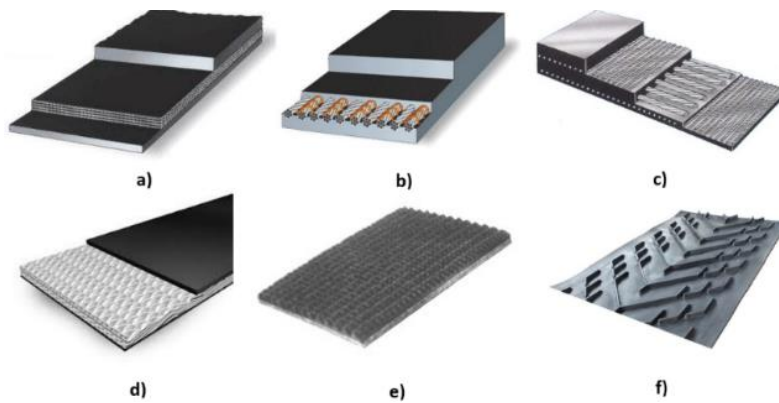


Figura 57. Tipos principales de bandas: a) Banda EP. b) Banda ST. c) Banda EP/ST reforzada transversalmente. d) Banda con tejido solid wovnen. e) Banda con superficie rugosa. f) Banda nervada.

5.2.2.1. CONSTITUCIÓN DE LA BANDA

Cuando realiza correctamente la función de transportar el material, la banda tiene que soportar esfuerzos derivados de fuerzas longitudinales (alargamientos), y de fuerzas provocadas por el material transportado como son su propio peso entre las estaciones de rodillos (flexiones locales), y los impactos de éste sobre la cara superior de la banda en la zona de carga (erosiones).

Para que la banda resista estos esfuerzos, tiene que estar formada por dos componentes: el tejido, que transmite los esfuerzos, y los recubrimientos, que soportan los impactos y erosiones.

- **Tejido o carcasa:** Este es el núcleo de la banda. Está formado por dos trazos de hilo entrelazados entre sí (Figura 59), siendo la urdimbre el trazo de hilos longitudinales y la trama el trazo de hilos transversales. Generalmente, la urdimbre es más resistente que la trama puesto que tiene que soportar los esfuerzos longitudinales de la banda (Figura 58), mientras que la trama soporta los esfuerzos transversales derivados de la adaptación de la banda con la forma de las artesas y tambores de la cinta. En el caso de las bandas ST, la urdimbre son cables de acero embebidos en goma que aumentan la resistencia a tracción de la banda.

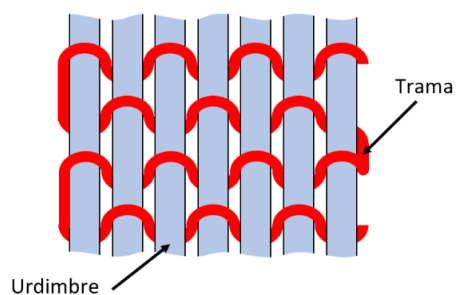


Figura 59. Disposición del tejido de la banda.

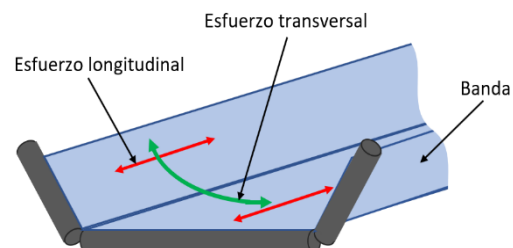


Figura 58. Esfuerzos que aparecen en la banda.

- **Recubrimientos:** Son las capas exteriores de la banda que protegen la carcasa de impactos y erosiones (Figura 61). Generalmente son de goma y existe una gran variedad de ellos dependiendo del uso que vaya a tener la banda, como, por ejemplo, recubrimientos contra materiales abrasivos, oleosos, electrostáticos, a altas o bajas temperaturas y para el transporte higiénico de alimentos.

La banda es un elemento normalizado, por lo que a la hora de diseñar una cinta se ha de determinar cuál es la más cualificada de las ofertadas por los fabricantes. La denominación normalizada de las bandas transportadoras se muestra en la Figura 60.

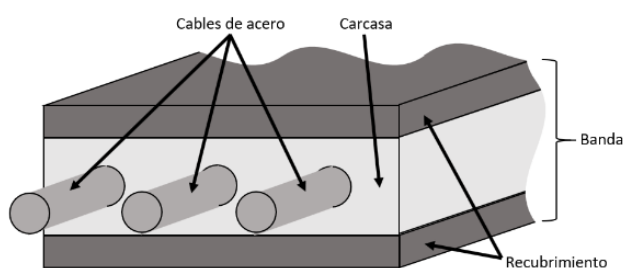


Figura 61. Esquema del tejido de una banda.



Figura 60. Denominación normalizada de una banda.

Fuente: <http://www.femos.com.ar/>

5.2.2.2. UNIONES

Las uniones de las bandas pueden ser vulcanizadas, grapadas y mediante la técnica “superscrew”. Dependiendo de la longitud de transporte, y por tanto de la banda, las uniones se hacen en fábrica (longitudes de menos de 20 metros) o in situ.

La vulcanización (Figura 62) consiste en la unión de los dos extremos de la banda aplicándoles azufre y calor para que se funda la goma y se enlacen entre sí, siendo un proceso visualmente similar al de la soldadura en los metales. Finalmente, la unión queda endurecida e impermeable. Este tipo de unión es típica en bandas cuyo destino es trabajar en exteriores, pero para bandas que trabajen en el interior de minas, no es recomendable este método.

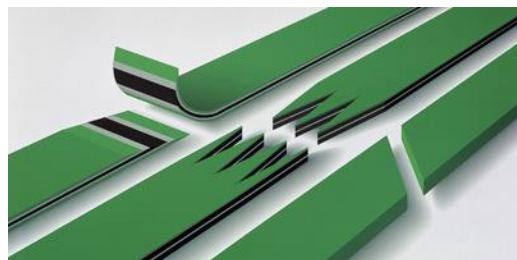


Figura 62. Representación de uniones vulcanizadas.

Fuente: <http://www.czbandas.pe/>

Por otro lado, la unión mediante grapas (Figura 63) consiste en conectar los dos extremos mediante piezas de metal. Esta unión tiene que garantizar una resistencia en el empalme equivalente a la de la propia banda, facilitar la adaptación a los tambores, posibilitar el funcionamiento de la cinta en ambos sentidos, poseer flexibilidad transversal y no puede deteriorar las telas de la banda.

Las principales desventajas que presenta una unión con grapas ante una vulcanizada son:

- Posibilidad de penetración de la humedad y el polvo en la carcasa, así como de aceites o agentes químicos, deteriorando la tela de la banda.
- No poder emplearse en cintas de transporte de personal, por el riesgo de provocar heridas en las personas.

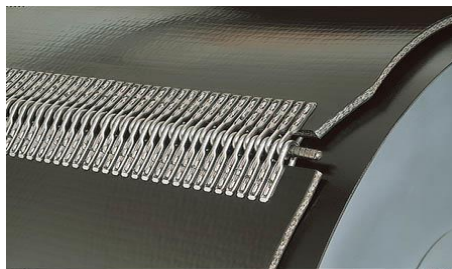


Figura 63. Unión mediante grapas. Fuente: <https://www.flexco.com/>

Finalmente, la unión superscrew () es la más nueva de entre los tres tipos. Esta técnica consiste en la unión de los dos extremos de la banda mediante el uso de un gran número de tornillos. El equipo empleado en esta unión está formado por plantillas y piezas que ayudan a cortar la banda y a disponer los tornillos correctamente.

Esta técnica presenta una unión más económica que un equipo de vulcanización y minimiza los derrames de material al no presentar holguras ni discontinuidades, adaptándose perfectamente a la trayectoria de la banda y a los tambores.



Figura 64. Unión superscrew. Fuente: <https://www.leijenaar.nl/>

5.2.3 RODILLOS

Los rodillos (Figura 65) son, después de la banda, uno de los componentes principales de una cinta transportadora, y de su calidad y estado depende generalmente su buen funcionamiento. Si el giro de los rodillos no es el adecuado, aumentará la fricción y la resistencia al movimiento de la banda, el desgaste de sus recubrimientos y el consumo de energía por parte del sistema motor.

La función de estos elementos es la de soportar la banda transportadora a la vez de permitir su movimiento. Las dimensiones de los rodillos están tabuladas en las normas DIN 15207, DIN 22107 y UNE 58232.



Figura 65. Rodillo. Fuente: <https://dyno.co.nz/>

5.2.3.1. CONSTITUCIÓN DE LOS RODILLOS

Los componentes principales de los rodillos son los mostrados en la Figura 66. De estos componentes, el que más influye en la vida de los rodillos son los rodamientos, pues reducen la fricción en el eje producida por el giro. En Europa los más utilizados son los rodamientos de bolas. La diferencia más notoria entre ambos es que los rodamientos de bolas son menos sensibles a la desalineación producida por el movimiento de la carga que los cónicos, aunque los primeros disponen de una capacidad de carga inferior.

Otro componente importante es el sistema de juntas de estanqueidad, que impide en mayor o menor medida la contaminación de la grasa lubricante de los rodillos, necesaria para mantener un giro adecuado.

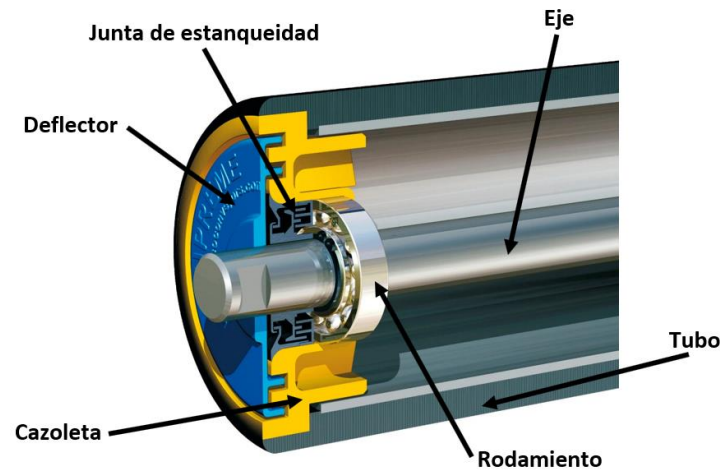


Figura 66. Componentes de los rodillos.

5.2.3.2. TIPOS DE RODILLOS

Los rodillos pueden clasificarse conforme a la función que desempeñan (Figura 67):

- **Rodillos superiores o de carga:** De superficie cilíndrica, se encargan de soportar el tramo de banda que transporta el material. Se disponen horizontales o formando ángulo entre dos o más rodillos, según el material a desplazar. En las artesas de tres rodillos, empleadas para el transporte de material a granel, los ángulos más usuales son las de 30° y 45°, siendo el rodillo central el que más trabajo realiza.
- **Rodillos inferiores o de retorno:** Su superficie también es cilíndrica y su tarea es soportar el tramo de banda que regresa desde el punto de descarga. Lo más común es encontrarlos horizontalmente, aunque también se pueden disponer dos rodillos en V.
- **Rodillos de impacto o amortiguadores:** Estos rodillos con superficie de caucho disponen de hendiduras en su superficie que les hace capaces de absorber la energía de los impactos de material sobre la banda en la zona de carga. La separación entre estos rodillos es inferior a la que pueden tener los anteriormente descritos para disminuir las flexiones locales debidas a esos impactos. Esta separación depende del material, de la altura de caída y de la velocidad de la cinta.
- **Rodillos centradores o alineadores:** Estos rodillos se sitúan en la parte superior de las estaciones de rodillos portantes. Su eje es casi vertical, lo que evita que la banda se descentre de su posición recta ideal, debido a repentinas acciones como es la sobrecarga de material en uno de los lados de la banda.

- **Rodillos autolimpiadores:** Situados normalmente en el ramal de retorno, estos rodillos cuentan con una superficie con unos anillos de goma que ayudan a que residuos pegajosos de material, que un rascador no pueda eliminar, se desprendan de la cinta.

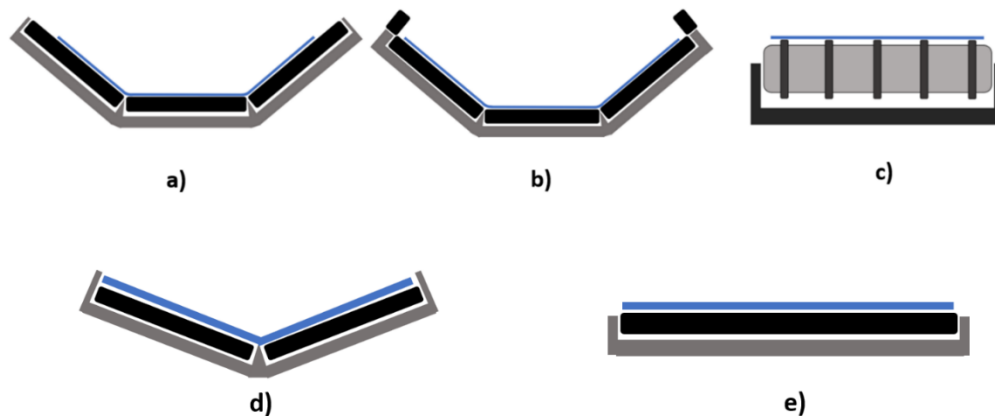


Figura 67. Tipos y disposición de los rodillos: a) Artesa de tres rodillos. b) Artesa con rodillos centradores. c) Rodillo autolimpiador. d) Artesa de rodillos en V. e) Estación de rodillo plano.

5.2.4 TAMBORES

Los tambores (Figura 68) son elementos cilíndricos con un diámetro mayor al de los rodillos. Su función es la de cambiar el sentido de la banda dividiéndola, principalmente, en los ramales de carga y de retorno, generando el recorrido deseado para el material a transportar. La geometría de los tambores se encuentra normalizada en las normas DIN 22101, ISO 1536 y UNE 58206.

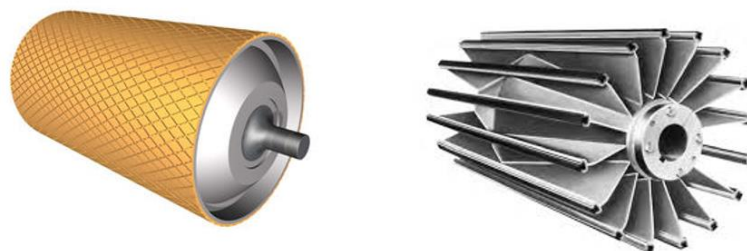


Figura 68. Tambor con doble chevronado y tambor de jaula de ardila.

5.2.4.1. CONSTITUCIÓN DE LOS TAMBORES

Los tambores están formados por la suma de una envolvente cilíndrica y discos laterales, formando un solo cuerpo (Figura 69). Además, cuentan con un eje interno, los correspondientes elementos de unión y los recubrimientos.

Actualmente, los tambores se construyen con acero suave para la envolvente y acero moldeado para los discos. Aunque también es común encontrarlos de fabricación electrosoldada totalmente.

La estructura “envolvente-discos” puede unirse al eje ya sea por contracción en caliente del disco sobre el eje, mediante chavetas o mediante anillos de expansión.

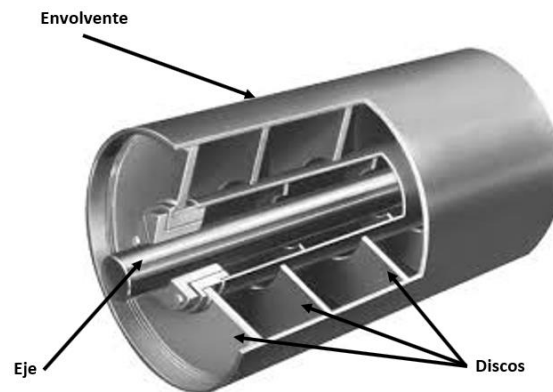


Figura 69. Constitución de un tambor.

5.2.4.2. TIPOS DE TAMBORES

Desde el punto de vista de la función a desempeñar, los tambores se clasifican en dos grandes grupos: Motrices y no motrices. La Figura 70 muestra todos los tipos de tambor.

- **MOTRICES:** Transmiten la fuerza tangencial a la banda. Pueden emplazarse al principio de la cinta (cola), al final (cabeza) o en ambos lugares.
- **NO MOTRICES:** Realizan un cambio de trayectoria de la banda. Dependiendo del recorrido, pueden existir varios tipos de tambores no motrices:
 - **De reenvío:** Localizado en el extremo opuesto al del tambor motriz. Permite el retorno de la banda al ramal de carga.
 - **De inflexión:** Situados tras los tambores motrices y de reenvío para aumentar el ángulo de abrazamiento de la banda sobre ellos, reduciendo las tensiones de transmisión en la banda.
 - **Tensor:** Emplazado en el sistema de tensado de la cinta, la dota de la tensión previa necesaria para el correcto funcionamiento de la banda.
 - **De desvío:** Cambian la trayectoria de la banda enviándola al sistema de tensado o de vuelta al circuito principal.
 - **De descarga:** Situados en el carro de descarga o tripper.

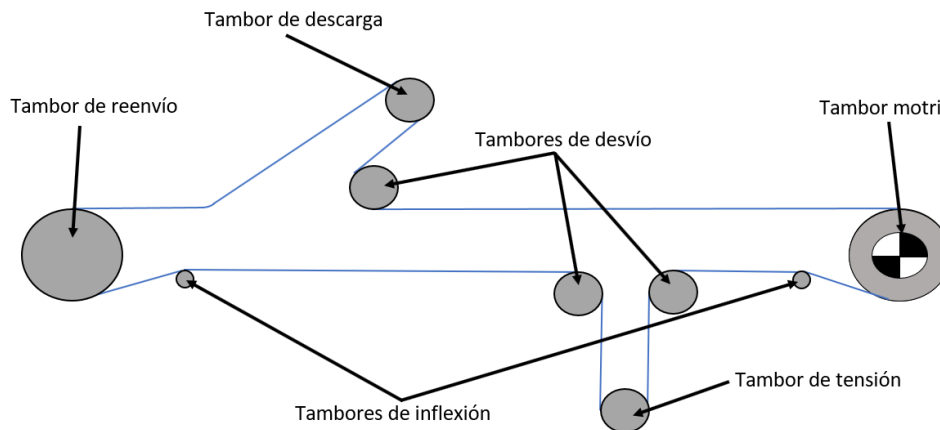


Figura 70. Tipos de tambores.

5.2.4.3. ABOMBADO DE LOS TAMBORES

Una de las formas de mantener la banda centrada es instalar tambores con un grado de abombamiento (Figura 71). La forma de esta envolvente ayuda a que la banda no se desvíe gracias a la fuerza centrífuga generada por el giro del tambor.

Sin embargo, no se puede dar por hecho que un tambor abombado vaya a solucionar el problema del desvío en una banda transportadora, pues intervienen más variables a tener en cuenta, como son:

- La nivelación correcta de los tambores.
- La alineación de los tambores respecto al eje de la banda.
- La perpendicularidad de los ejes de giro respecto al eje de la banda.
- El correcto empalme de la banda.
- La correcta alineación de las estaciones de rodillos.

De la misma forma, hay que tener en cuenta el tipo de banda que va a emplearse en la instalación. Si es una banda EP, el abombamiento en los tambores es casi obligatorio. Si es una banda ST, el instalar tambores abombados está incluso prohibido por algunos fabricantes, puesto que este tipo de bandas tienen un menor alargamiento, aunque disponen de una mayor flexibilidad transversal que favorece su centrado.

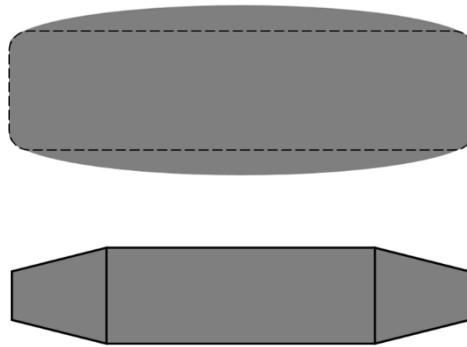


Figura 71. Ejemplos de tambores abombados.

5.2.4.4. RECUBRIMIENTOS DE LOS TAMBORES

El recubrimiento de los tambores tiene un objetivo determinado para cada tambor, dependiendo de la función que desempeñen (Figura 72).

En los tambores motrices el recubrimiento sirve para aumentar el coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor, aumentando también el coeficiente de transmisión inferior. En estos tambores, el recubrimiento puede tener la superficie lisa con estrías helicoidales sencilas (cola de pescado), o con estrías helicoidales dobles dispuestas en sentidos opuestos (en diamante). Estas disposiciones de los recubrimientos recogen el barrillo formado en la artesa de la banda al transportar materiales húmedos.

En los tambores de inflexión y desvío el recubrimiento ayuda en la limpieza de la banda, ya que se encuentran con la cara que vuelve de estar en contacto con el material transportado, además de disminuir el efecto perjudicial que puedan ejercer sobre la banda los pequeños trozos adheridos a ella.



Figura 72. Recubrimiento de Cola de Pescado y de Diamante respectivamente.

5.2.4.5. DIMENSIONADO DEL TAMBOR

Según López Roa (2002), para dimensionar los tambores hay que considerar principalmente las cargas a las que estarán sometidos (Figura 73):

Esfuerzos de la banda normales al eje del tambor, y que producen tensiones de flexión en la envolvente, en los discos y el eje.

Par de torsión para vencer el esfuerzo resistente de la cinta transportadora, solo presente en los tambores motrices. Este par de torsión produce tensiones cortantes en el eje y en los discos.

Esfuerzos axiales, producidos por los desplazamientos laterales inevitables de la banda sobre la periferia del tambor. Estos esfuerzos son despreciables en comparación con los otros dos.

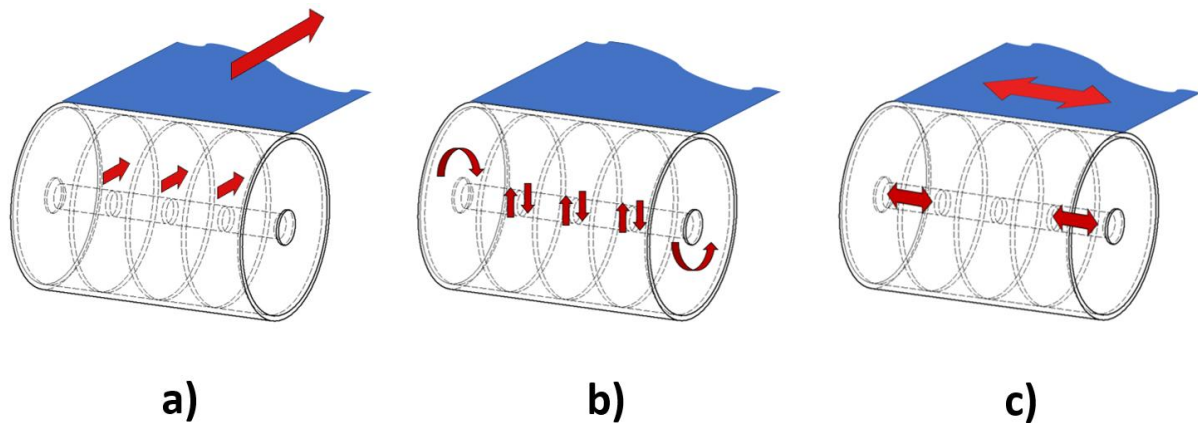


Figura 73. Esfuerzos soportados por un tambor motriz: a) Esfuerzos normales o de flexión. b) Esfuerzos de cortadura. c) Esfuerzos axiales.

Una vez calculados los esfuerzos se procede a dimensionar la geometría de los componentes de los tambores.

Envolvente.

El ancho B y el diámetro D exterior de la envolvente se dimensionan en función del ancho de la banda y del espesor o tipo de la misma, respectivamente, tal y como indica la norma ISO 1536. El espesor de la envolvente es función del esfuerzo tangencial.

Discos.

El cálculo de los discos es complejo, y hacerlo en cada caso o tipo de tambor es poco práctico. Debido a esto se ha llevado a cabo una clasificación de los discos en tres tipos:

- De poco espesor, y por tanto más flexibles.
- De gran espesor, y por tanto más rígidos.
- En forma de álabe de turbina.

Cubo.

Debido a que ésta es una pieza maciza su rigidez es grande al compararla con la de los discos. Para dimensionar el cubo se tiene en cuenta el tipo de unión con el eje, como por ejemplo mediante chavetas, zunchado o por fricción.

Eje.

Este es el único componente de los tambores que se calcula empleando las fórmulas de Resistencia de Materiales. A la hora de calcular, si los discos son flexibles el eje podrá flectar más, y por consiguiente se obtendrán unas flechas mayores que cuando se disponga de discos rígidos.

5.2.4.6. MOTOTAMBORES

El mototambor (Figura 74) es un mecanismo formado por un tambor motriz convencional en cuyo interior se encuentran todos los elementos necesarios para componer un motor eléctrico, como son la entrada de energía y los reductores de velocidad. Los mototambores están normalizados y su potencia está limitada hasta los 22 kW aproximadamente.

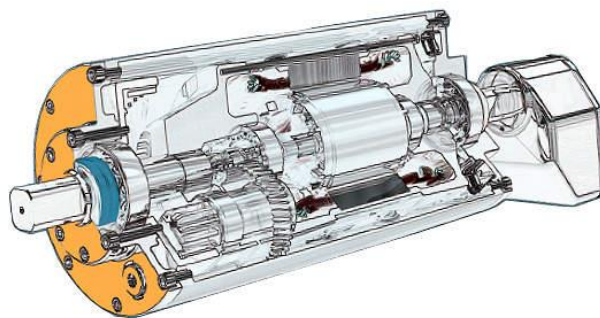


Figura 74. Vista seccionada de un mototambor. Fuente: <https://pdf.directindustry.com/pdf/van-der-graaf/>

5.2.5 SISTEMA MOTRIZ

El grupo o sistema motriz de una cinta transportadora es el encargado de proporcionar el movimiento para el transporte de material. Este sistema está formado por un motor eléctrico, un acoplamiento de alta velocidad que puede ser rígido o elástico, un reductor de velocidad que se encarga de disminuir las revoluciones del motor antes de transmitir las a la cinta, un acoplamiento de baja velocidad, un dispositivo anti-retorno y un freno.

El motor, el reductor y el freno están unidos a una bancada, pero para cintas que requieran pequeñas potencias el motor y el reductor forman una sola unidad sin necesidad de una bancada.

5.2.5.1. MOTORES ELÉCTRICOS

La característica que más hay que tener en cuenta a la hora de elegir el motor adecuado es la potencia. La potencia del motor ha de ser igual o mayor que la potencia requerida en el eje de salida del reductor, y a la entrada del eje del tambor motriz, dividida entre el rendimiento del propio motor. Además, hay que tener en cuenta que los arranques requieren de una mayor potencia, y por esto hay que multiplicar a la potencia calculada por un factor de servicio (FS). Este factor debe tenerse muy en

cuenta cuando se manejan potencias elevadas puesto que el salto de un tamaño de motor al siguiente supone, generalmente, una diferencia considerable de su coste.

El motor (Figura 75) proporcionará el par necesario para hacer girar al tambor motriz y poner en marcha la cinta.

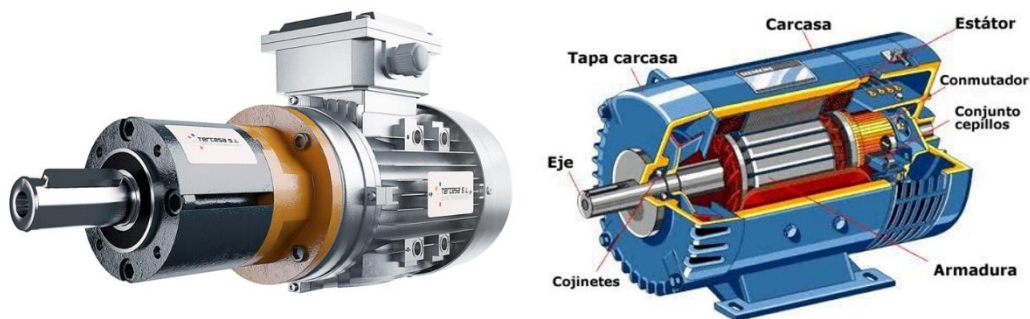


Figura 75. Motor eléctrico y sus componentes principales.

5.2.5.2. ACOPLAMIENTOS DE ALTA VELOCIDAD

Estos dispositivos sirven para transmitir el par desde el motor eléctrico al reductor de velocidad. Para las cintas transportadoras existen dos tipos:

- Acoplamientos elásticos (Figura 76), de mayor flexibilidad. Amortiguan los golpes en los arranques.
- Acoplamientos fluidos (Figura 77). Para efectuar arranques progresivos, eliminando los impactos.



Figura 77. Acoplamiento fluido.



Figura 76. Acoplamiento elástico.

5.2.5.3. REDUCTOR DE VELOCIDAD

Un reductor de velocidad es un conjunto de ruedas dentadas de diferentes tamaños, dispuestas de tal forma que engranando entre sí transmiten y reducen un movimiento giratorio con cierta velocidad a otra más lenta (Figura 78).

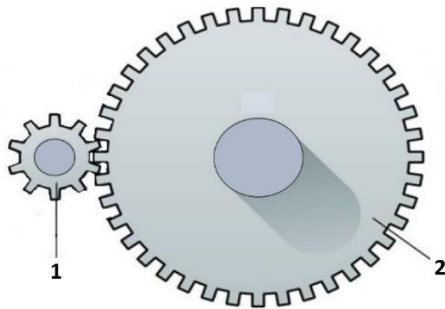


Figura 78. Esquema de un reductor de velocidad simple. La rueda 1 es la conductora que gira a gran velocidad. La rueda 2 es la conducida que gira a una velocidad menor.

Como indica López Roa (2002), en los sistemas motrices de las cintas transportadoras se emplean tres disposiciones constructivas de reductores:

- De ejes perpendiculares.
- De ejes paralelos.
- De sin fin – corona.

Los dos primeros tipos están formados por varios trenes de engranajes helicoidales, en el caso de los de ejes paralelos, y cónico – helicoidales en los de ejes perpendiculares. El tercer tipo está formado por un solo tren de dientes.

Cuando se trabaja con pequeñas potencias, para ahorrar costes es preferible emplear motorreductores puesto que se eliminan los acoplamientos de alta velocidad y se consigue una mayor compacidad del conjunto.

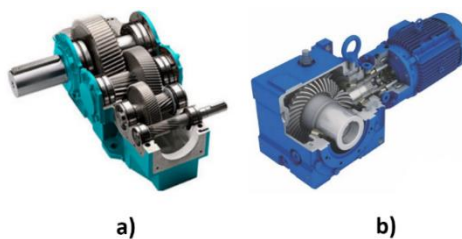


Figura 79. a) Reductor de velocidad. b) Motorreductor.

5.2.5.4. ACOPLAMIENTOS DE BAJA VELOCIDAD

Los acoplamientos de baja velocidad son dispositivos que transmiten el par desde el eje de salida del reductor al tambor motriz de la cinta transportadora. Existen dos tipos:

- Acoplamiento elástico (Figura 80). Para pares pequeños.
- Acoplamiento de dientes arqueados (Figura 81). Para pares grandes.



Figura 81. Acoplamiento de dientes arqueados.
Fuente: <https://www.funcke.com.br/>



Figura 80. Acoplamiento elástico.
Fuente: <https://www.agpazteca.com/>

5.2.5.5. DISPOSITIVO ANTI – RETORNO

El objetivo de este dispositivo es retener la carga en las cintas inclinadas ascendentes, cuando éstas no disponen de sistemas de frenado, aunque ambos mecanismos pueden ser instalados en una misma cinta. Normalmente, los dispositivos anti – retorno están situados en los reductores de velocidad, como elementos opcionales.

5.2.5.6. FRENOS

La función del freno es la de disminuir la velocidad de la cinta transportadora o incluso de detener su movimiento. Existen dos tipos de freno empleados en las cintas:

- Frenos de zapata.
- Frenos de disco.

Los frenos de zapata (Figura 82) se instalan en el eje de gran velocidad y actúan sobre su respectivo acoplamiento. Por otro lado, los frenos de disco (Figura 83) se instalan directamente sobre el eje del tambor motriz o de reenvío, dependiendo de donde trabaje mejor. La capacidad de freno de éstos últimos es superior a la de los frenos de zapata.



Figura 83. Freno de disco. Fuente:
<https://www.macocorporation.com/>



Figura 82. Freno de zapata. Fuente:
<https://www.indiamart.com/>

5.2.6 EQUIPOS DE LIMPIEZA

El transporte de material pegajoso supone que parte del mismo no se desprenda de la banda transportadora y se quede adherido a ésta. Cuando sucede esto aumentan las probabilidades de que la banda, así como otros elementos de la cinta, puedan dañarse y haya que optar por su recambio,

añadiendo elevados costes adicionales que pueden ahorrarse con la instalación de equipos de limpieza adecuados.

Por otro lado, en el caso del transporte de material polvoriento hay que tener en cuenta la fugitividad del mismo, que es la tendencia que tiene el material a convertirse en polvo cuando en la cinta hay cambios de dirección como en las zonas de descarga (tolvines y guías de carga), ensuciando los equipos y elementos cercanos aumentando también su deterioro.

El impacto económico que supone una mala limpieza viene dado por dos razones. Por un lado, la pérdida de capacidad transportada debida a la acumulación de material adherido en los tolvinos y guías de carga. Por otro lado, el costo de la mano de obra empleada en la limpieza del material fugitivo depositado en bastidores y suelo y en el mantenimiento de los equipos de limpieza.

En las cintas de gran capacidad, cuando es imposible utilizar dispositivos de limpieza, se emplean cintas de pequeño recorrido situadas en los extremos de la cinta principal, con el objetivo de recoger el material desprendido y lo reincorporan al circuito inicial.

Para la limpieza de la banda se pueden emplear dos tipos de rascadores:

- Rascadores que actúan sobre el tambor motriz.
- Rascadores que actúan sobre el resto de los tambores.

5.2.6.1. RASCADORES QUE ACTÚAN SOBRE EL TAMBOR MOTRIZ

Estos rascadores limpian la banda actuando en la zona donde se encuentra el tambor motriz. Las tres variaciones de este tipo de rascador más utilizadas son:

- Rascador pendular de contrapeso, con tiras de goma (Figura 86). Su eficacia es muy limitada y se emplean en cintas que no necesitan mucha limpieza. El contrapeso hace que el rascador siempre esté en contacto con la banda.
- Rascador “principal” con láminas de raspado independientes y tensión por brazo de torsión (Figura 85). Éste es más eficaz que el anterior, aunque presenta problemas cuando se enfrenta a materiales muy pegajosos, siendo necesario un rascador previo.
- Rascador previo (Figura 84). Utilizado cuando el material es muy pegajoso y difícil de limpiar. Sus elementos limpiadores se terminan desgastando y tienen que ser repuestos, siendo una tarea difícil por la compleja accesibilidad a los mismos.

Otros rascadores menos empleados son el rascador rotativo con cerdas de nylon y el limpiador con chorro de agua.



Figura 85. Rascador con láminas de rascado independientes. Fuente: <http://www.web-ttm.com/>

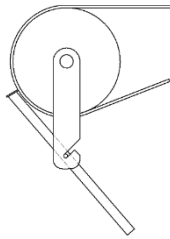


Figura 86. Esquema de rascador pendular.



Figura 84. Rascador previo. Fuente: <https://www.martin-eng.es/>

5.2.6.2. RASCADORES QUE ACTÚAN SOBRE EL RESTO DE LOS TAMBORES

Generalmente, estos rascadores se emplazan en las proximidades del tambor de reenvío, y su función es la de eliminar la máxima suciedad restante antes de que la banda llegue a dicho tambor, evitando que queden atrapados los residuos y provoquen daños en la banda.

Los dos tipos más empleados de esta clase de rascadores son:

- Rascador en V con tiras de goma (Figura 87 a). Empleado sobre todo para materiales fugitivos.
- Rascador fijo en diagonal (Figura 87 b). Empleado para materiales pegajosos.



a)



b)

Figura 87. a) Rascador en V con tiras de goma. b) Rascador fijo en diagonal.

5.2.7 SISTEMA DE TENSADO

El sistema de tensado es un componente mecánico de la cinta transportadora que se encarga de suministrar una tensión previa a la banda. Las principales razones por las que hay que suministrar dicha tensión son:

- Conseguir un contacto adecuado entre la banda y el tambor motriz para que se pueda transmitir correctamente la fuerza desde el tambor a la banda.
- Evitar derrames de material en los puntos de carga, derivados de una falta de tensión en la banda. Esta falta de tensión puede originar los siguientes problemas:
 - La flecha entre dos ternas de rodillos llega a ser excesiva, provocando fugas de material entre la banda y las faldilas de guiado.

- Contacto insuficiente entre la banda y los rodillos de la terna, originando una marcha inestable.
- El ramal interior de la banda puede llegar a rozar contra el suelo en cintas transportadoras situadas en el interior de instalaciones o minas.
- Compensar las variaciones de longitud producidas en la banda debidas a la falta de tensión.

La función secundaria más notable de un tensor es la de facilitar el empalme de la banda, sobre todo para los casos de cintas corrientes en las que la banda sufre un desgarró y haya que cortar un trozo, y en las cintas de interior de minas donde, debido al avance de la explotación vayan variando su tamaño.

5.2.7.1. TIPOS DE TENSORES

Según López Roa (2002) , los tensores pueden clasificarse según los siguientes aspectos:

Por su forma constructiva:

- Tensor de lazo sencillo.
- Tensor de lazo múltiple.

Por la forma de aplicar la fuerza tensora:

- Tensor automático.
- Tensor fijo.

Por el equipo mecánico que aplica la fuerza:

- Tensor por gravedad.
- Tensor de husillo.
- Tensor de cabrestante manual fijo.
- Tensor de cabrestante eléctrico fijo.
- Tensor de cabrestante eléctrico automático.

Por la situación del equipo de tensado:

- Tensor en cabeza.
- Tensor en cola.

5.2.8 CARGA Y DESCARGA

El realizar correctamente las operaciones de carga y descarga del material es fundamental para que la cinta transportadora cumpla su función de la forma más óptima posible. Las opciones más comunes

son situar los puntos de carga y descarga en los extremos de la cinta, pero es posible realizar estas operaciones en cualquier punto de su trayectoria.

5.2.8.1. CARGA DE LA CINTA TRANSPORTADORA

La carga de material en un transportador de banda ha de tenerse muy en cuenta, puesto que es en los puntos de carga donde la cinta sufre los mayores problemas de desgaste y sobre esfuerzo. Generalmente esta operación se realiza empleando tolvas y tolvinas, aunque también es frecuente el uso de alimentadores situados debajo de dichas tolvas, cuyo tipo es determinado por el material transportado, de su tamaño y capacidad. Estos alimentadores pueden ser de banda, vibrantes, o de tablero articulado.

Para la correcta selección de la forma de carga de material en la cinta hay que tener en cuenta estas consideraciones:

- Para disminuir el desgaste de la banda es preferible depositar el material sobre ella aproximando lo máximo posible su dirección y velocidad a las de la banda.
- Para evitar daños en el recubrimiento de la banda se debe disminuir la altura de caída del material.
- Para evitar que durante la marcha la banda se descentre y deslice hacia los extremos, el flujo de carga de material sobre la cinta debe precipitarse sobre el centro de la misma (Figura 88 a).
- Es aconsejable que en cintas donde la trayectoria sea inclinada, la zona de carga sea lo más horizontal posible.
- El material debe depositarse siempre después de la zona de transición plana – artesa de la banda (Figura 88 b).
- Si la carga tiene un elevado peso específico se debe emplear una estación de rodillos amortiguadores en la zona de carga.
- Para evitar grandes flechas provocadas por la caída del material, las estaciones de rodillos deben situarse más próximas entre sí en la zona de carga.
- Cuando el material presente variedad de granulometría, la cinta debe contar con un sistema de cribado que se encargue de depositar primero el material fino sobre la banda para formar un colchón que amortigue a continuación la caída del material grueso.
- Para evitar el derrame de material fino, se aconseja emplear faldones laterales en la tolva o en el encauzador.

- En el caso de que la carga sea irregular y provoque la existencia de zonas muy cargadas y zonas prácticamente vacías en la cinta, conviene instalar alimentadores que uniformicen la carga, eliminando los posibles problemas de alineamiento de la banda.

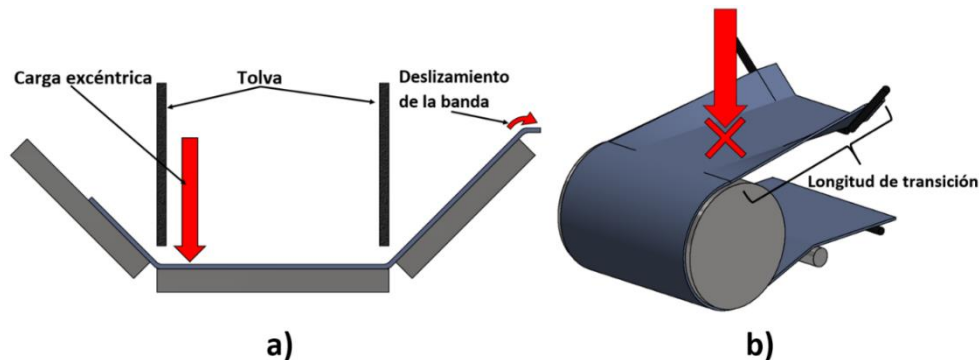


Figura 88. Ejemplos de carga incorrecta: a) Carga excéntrica. b) Carga en zona de transición de la banda.

5.2.8.2. DESCARGA DE LA CINTA TRANSPORTADORA

En cintas transportadoras, la descarga de material más frecuente es mediante el tambor en cabeza y una tolva de descarga, describiéndose durante el proceso una trayectoria de flujo de material al abandonar la cinta. Esta trayectoria se denomina “trayectoria de descarga” y es calculable en función de diferentes factores como son el tipo de material, su granulometría, su grado de adherencia y de la geometría y velocidad del trayecto de la cinta.

Asimismo, también es posible efectuar la descarga en cualquier otro punto del recorrido de la cinta (Figura 89), mediante el uso de rodillos y tambores direccionales o instalando trippers (Figura 90), que son carros móviles cuya estructura se desplaza sobre el bastidor principal de la cinta, trasladando el punto de descarga. Los trippers cuentan con un sistema de dos tambores donde el tambor superior desvía la banda hacia la tolva de descarga y el tambor inferior permite que vuelva a la trayectoria principal.

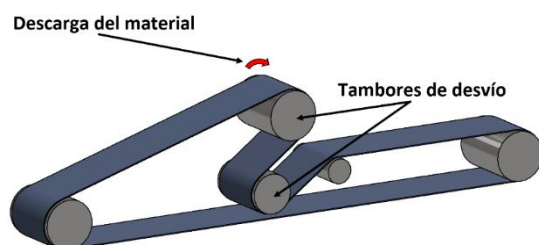


Figura 89. Descarga mediante tambores de desvío.



Figura 90. Cinta transportadora con tripper. Fuente: <https://www.cintasa.com/>

DOCUMENTO III. PLANOS

ÍNDICE DEL DOCUMENTO III. PLANOS

0 - CINTA TRANSPORTADORA	1
1 - ESTRUCTURA DE LA CINTA.....	9
1.1 - SOPORTE TAMBOR DE COLA	11
1.2 - TRAMO DE CARGA.....	12
1.3 - TRAMO CURVA CÓNCAVA 1.....	13
1.4 - TRAMO CURVA CÓNCAVA 2.....	14
1.5 - TRAMO INCLINADO 3	15
1.6 - TRAMO INCLINADO 1	16
1.7 - TRAMO INCLINADO 2	17
1.8 - TRAMO CURVA CONVEXA 1	18
1.9 - TRAMO CURVA CONVEXA 2	19
1.10 - TRAMO CURVA CONVEXA 3	20
1.11 - TRAMO DE DESCARGA 1	21
1.12 - TRAMO DE DESCARGA 2	22
1.13 - SOPORTE TAMBOR DE CABEZA	23
1.15 - SOPORTE VERTICAL	24
1.16 - SOPORTE Y 1	25
1.17 - SOPORTE Y 2	30
1.19 - BASE DE PASARELA 1	35
1.20 - BASE DE PASARELA 3	36
1.21 - BASE DE PASARELA 2	37
1.22 - BASE DE PASARELA 6	38
1.23 - BASE DE PASARELA 7	39
1.25 - BASE DE PASARELA 9	40
1.26 - BASE DE PASARELA 10	41
1.27 - BANCADA MOTOR.....	42

1.27.1 - PLACA MOTOR	43
1.27.2 - PLACA REDUCTOR	44
1.27.6 - CHAPA FRENO.....	45
1.27.7 - ESCUADRA	46
1.28 - GRAPA 2.....	47
1.29 - GRAPA 1.....	48
1.33 - GRAPA 3.....	49
1.34 - GRAPA 4.....	50
1.36 - GRAPA 5.....	51
1.37 - GRAPA 6.....	52
1.38 - PASARELA 1.....	53
1.38.2 - BARANDILLA 1	54
1.39 - PASARELA 2.....	55
1.39.2 - BARANDILLA 2	56
1.40 - PASARELA 3.....	57
1.40.2 - BARANDILLA 3	58
1.41 - PASARELA 4.....	59
1.41.2 - BARANDILLA 4	60
1.42 - PASARELA 5.....	61
1.42.2 - BARANDILLA 5	62
1.43 - PASARELA 6.....	63
1.43.2 - BARANDILLA 6	64
1.44 - PASARELA 7.....	65
1.44.2 - BARANDILLA 7	66
1.45 - PASARELA 8.....	67
1.45.2 - BARANDILLA 8	68
1.46 - PASARELA 9.....	69
1.46.2 - BARANDILLA 9	70

12 - TENSOR71

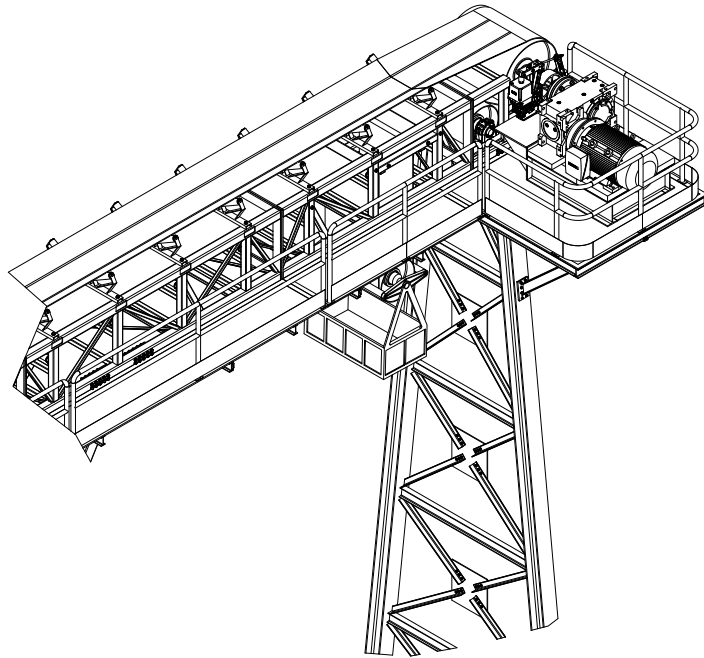
12.3 - JUNTA72

12.5 - CAJA.....73

14 - ENCAUZADOR74

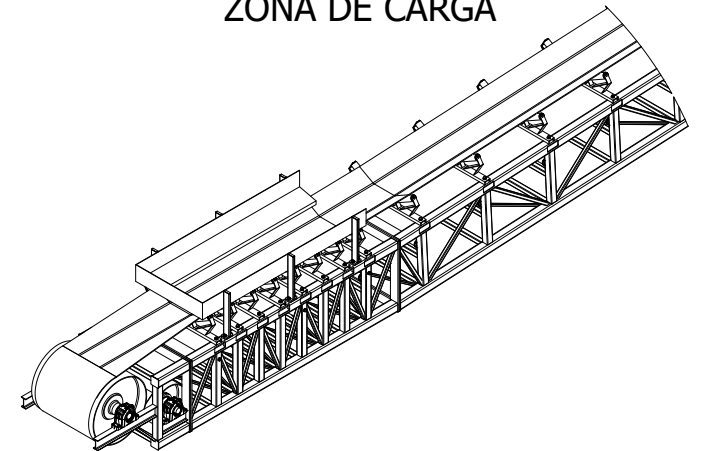
14.1 - CHAPA DEL ENCAUZADOR.....75

B (1 : 100)
ZONA DE DESCARGA

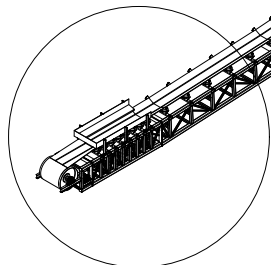



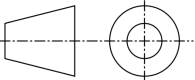
B

A (1 : 100)
ZONA DE CARGA

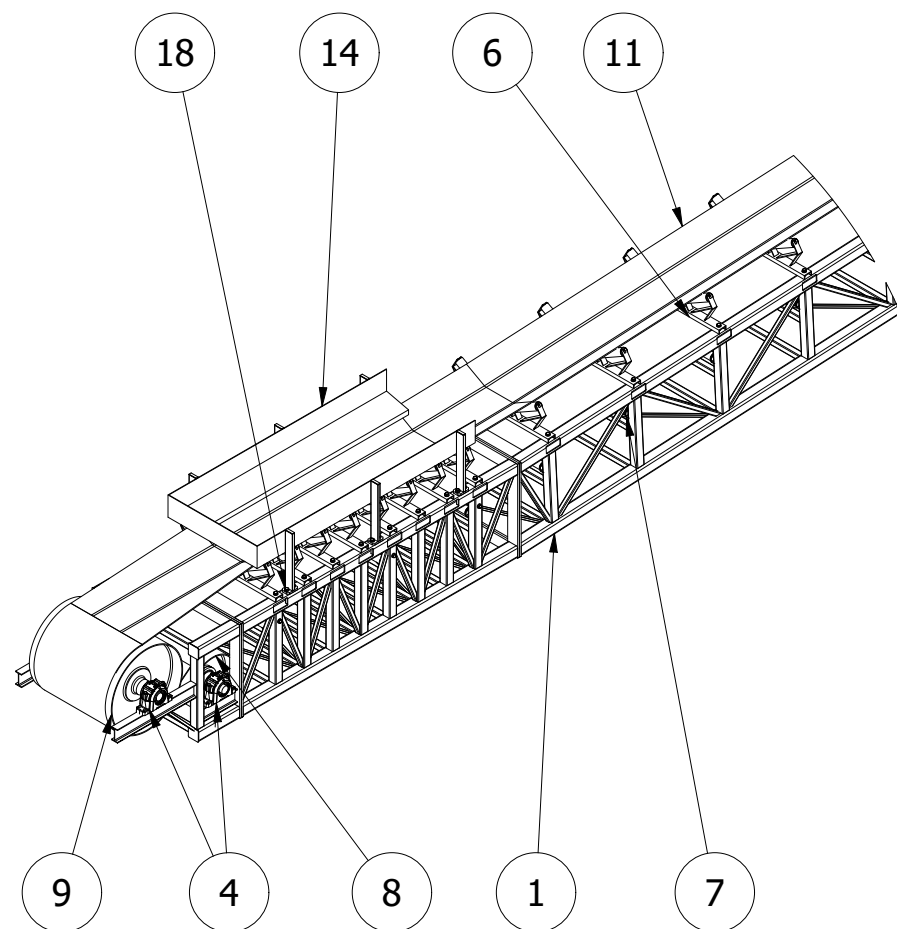


A

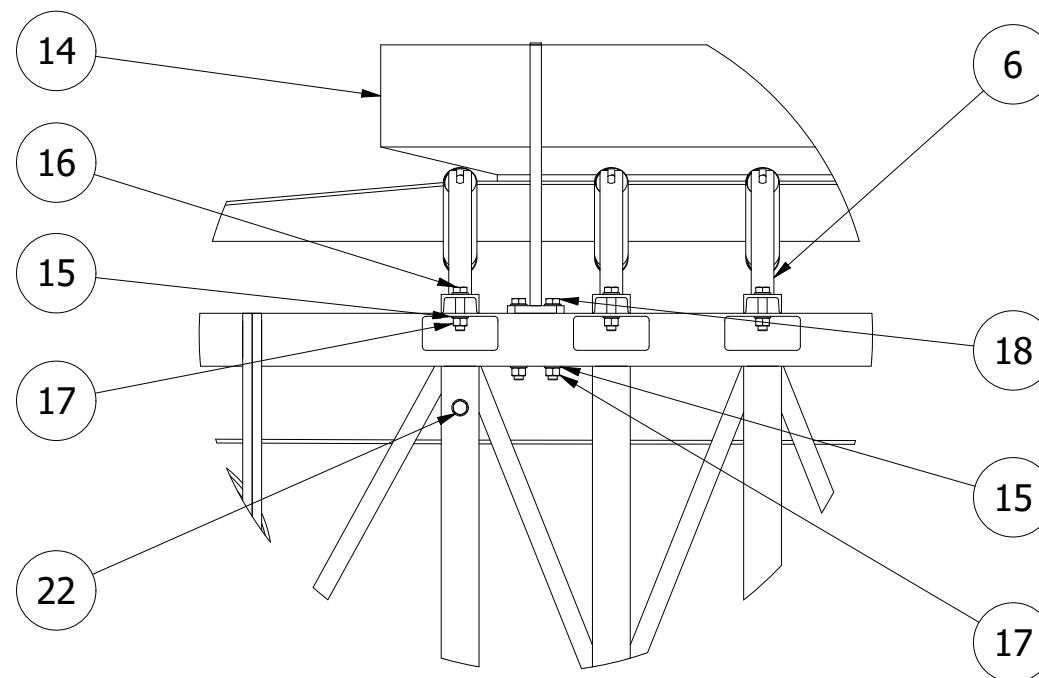



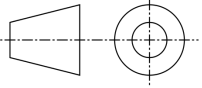
	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	04/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 300	0	CINTA TRANSPORTADORA			Edición	
					1 / 8 3.2	

A (1 : 75) ZONA DE CARGA

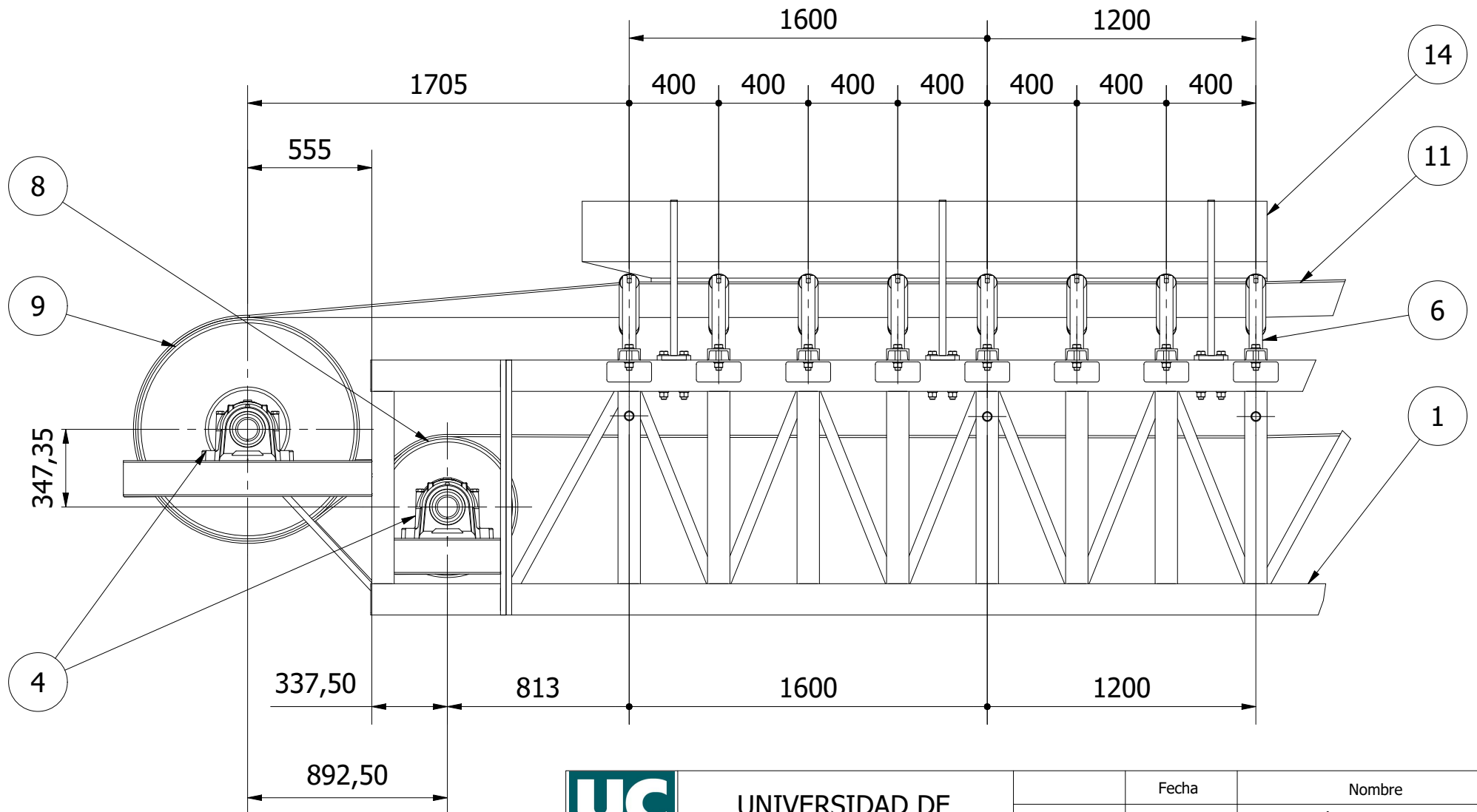



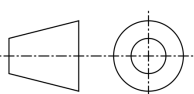
UNIONES (1 : 20)



	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	04/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 300	0	CINTA TRANSPORTADORA		Edición	
				2 / 8	
				3.2	

ZONA DE CARGA. RODILLOS (1 : 25)

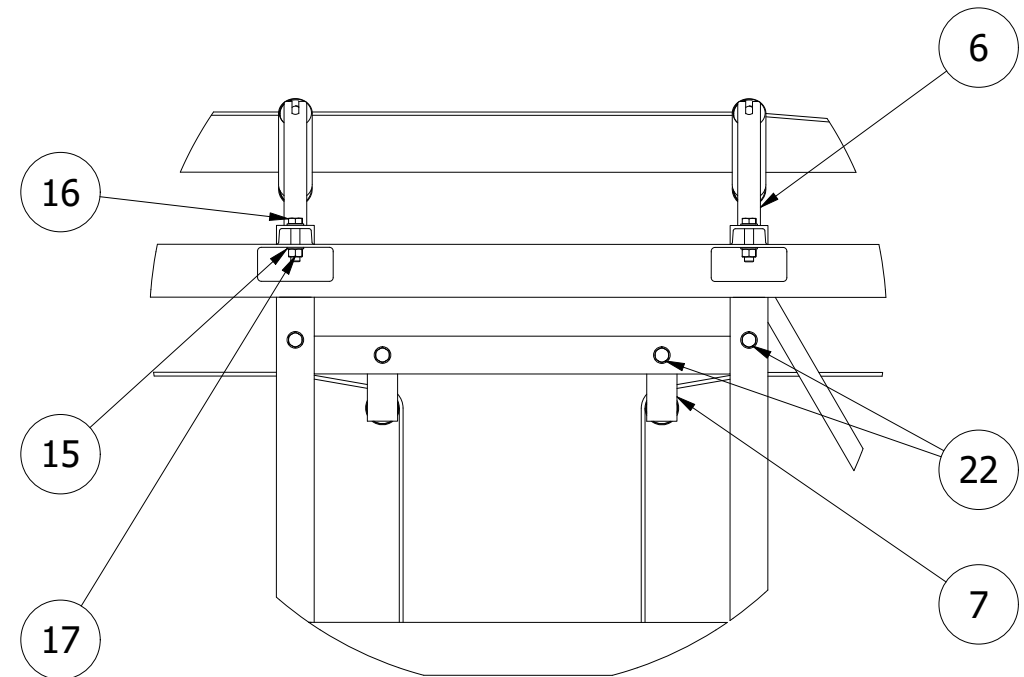
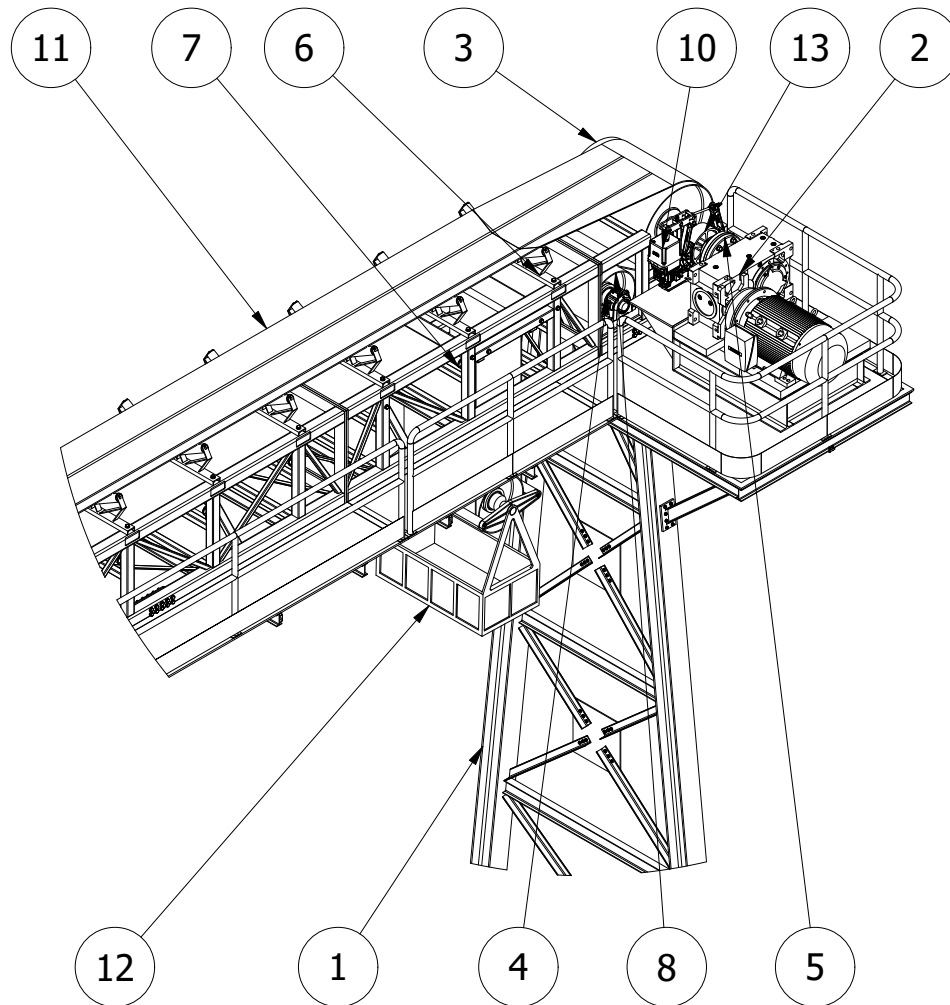



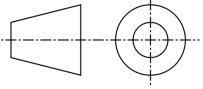
 <div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div>	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Fecha	Nombre
			Dibujado	04/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 300	0	CINTA TRANSPORTADORA		Edición	
				3 / 8	
				3.2	

B (1 : 75)

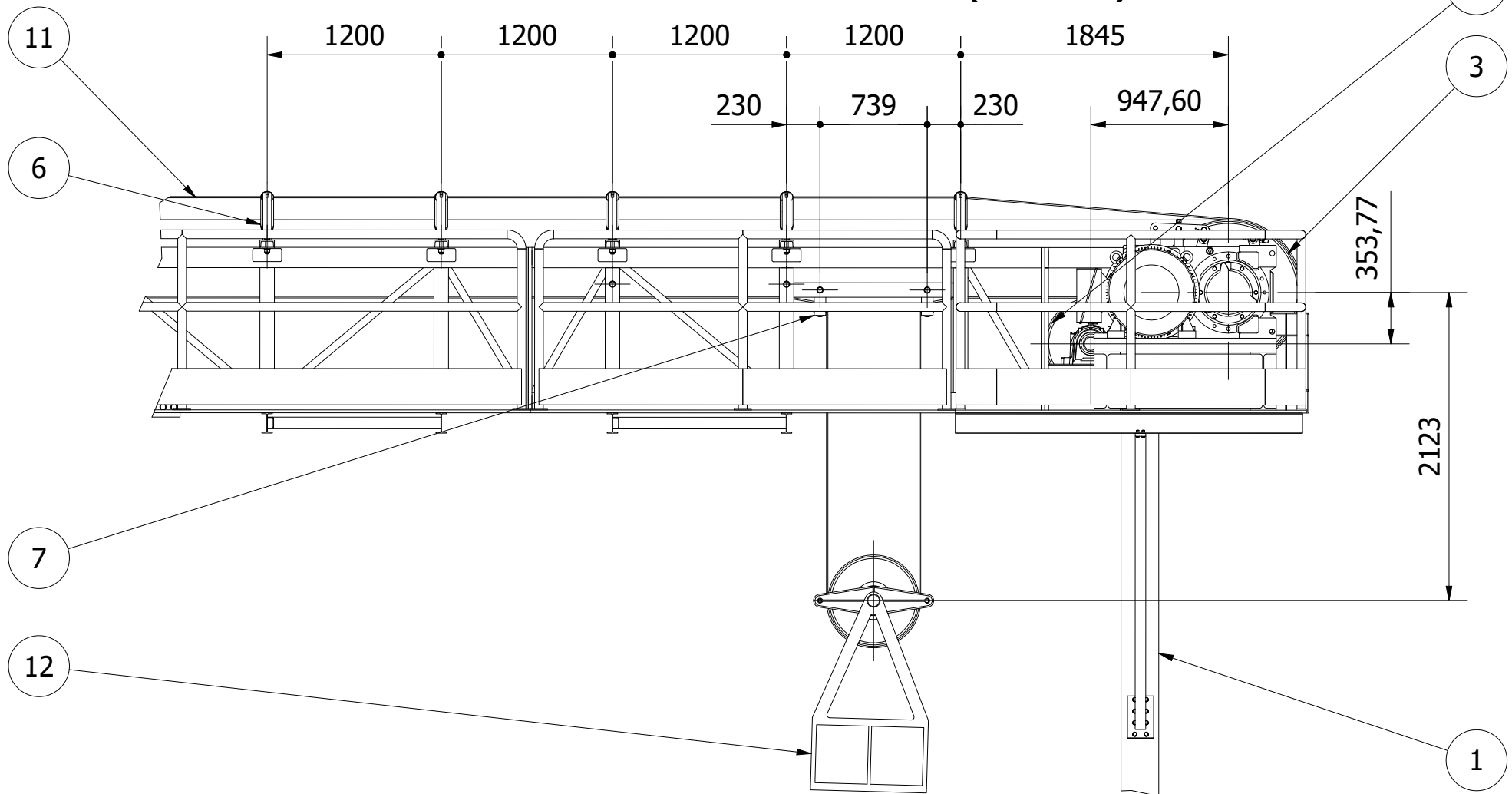
ZONA DE DESCARGA


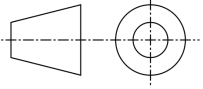
UNIONES (1 : 20)



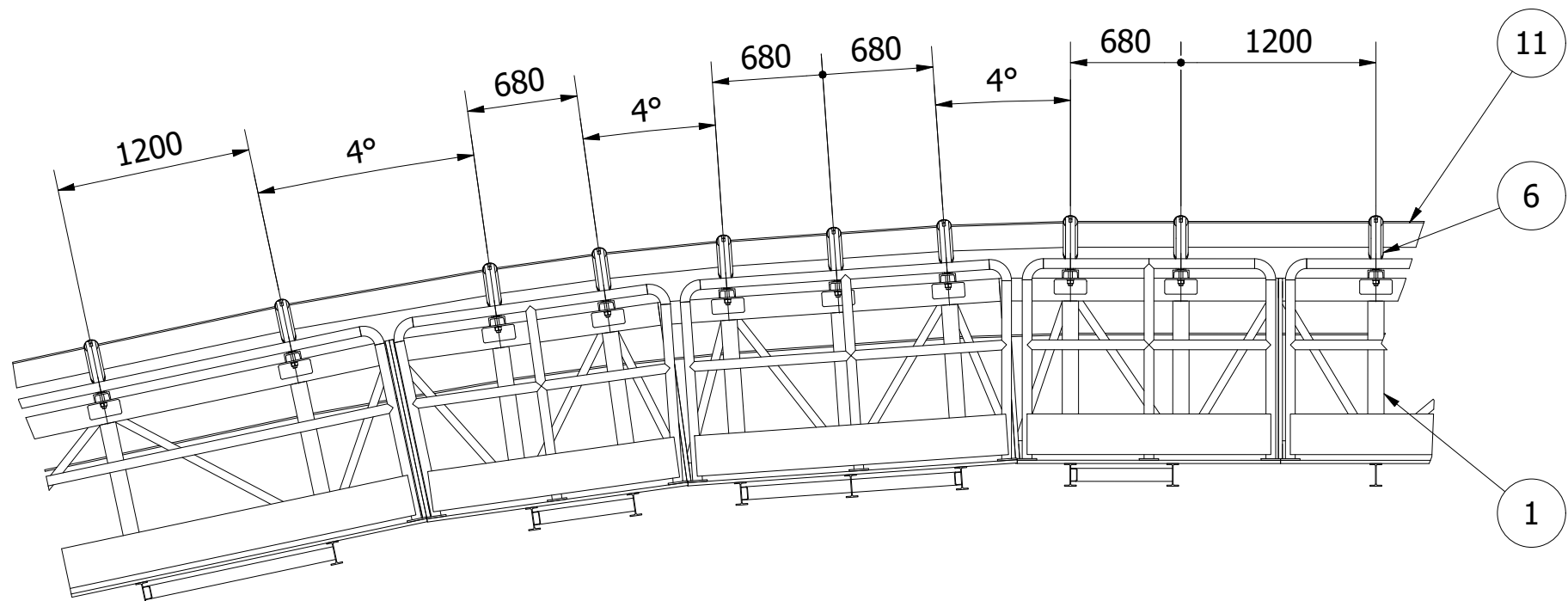
	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	04/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 300	0	CINTA TRANSPORTADORA		Edición	
				4 / 8	
				3.2	


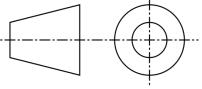
ZONA DE DESCARGA. RODILLOS (1 : 40)



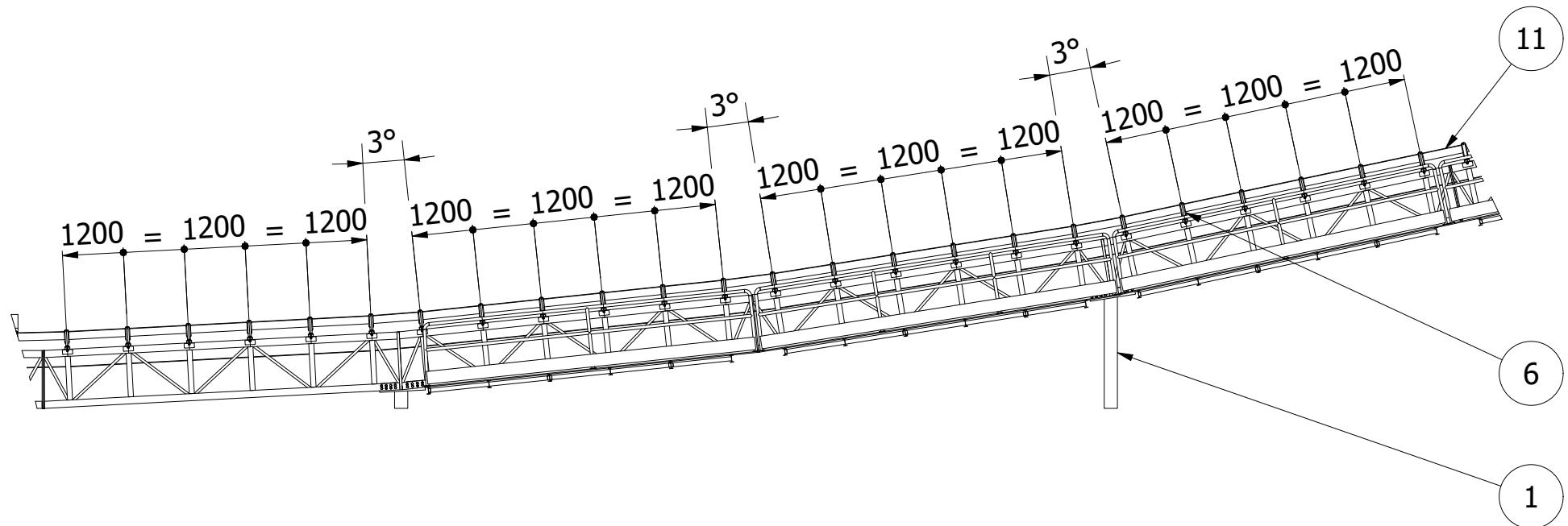
	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre
			Dibujado	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	
1 : 300	0	CINTA TRANSPORTADORA	5 / 8	
			Edición 3.2	
				


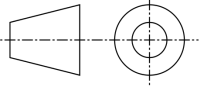
CURVA CONVEXA. RODILLOS (1 : 40)



	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre
			Dibujado	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	
1 : 300	0	CINTA TRANSPORTADORA	6 / 8	
			Edición	3.2
				


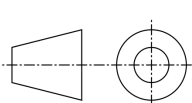
CURVA CÓNCAVA. RODILLOS (1 : 120)

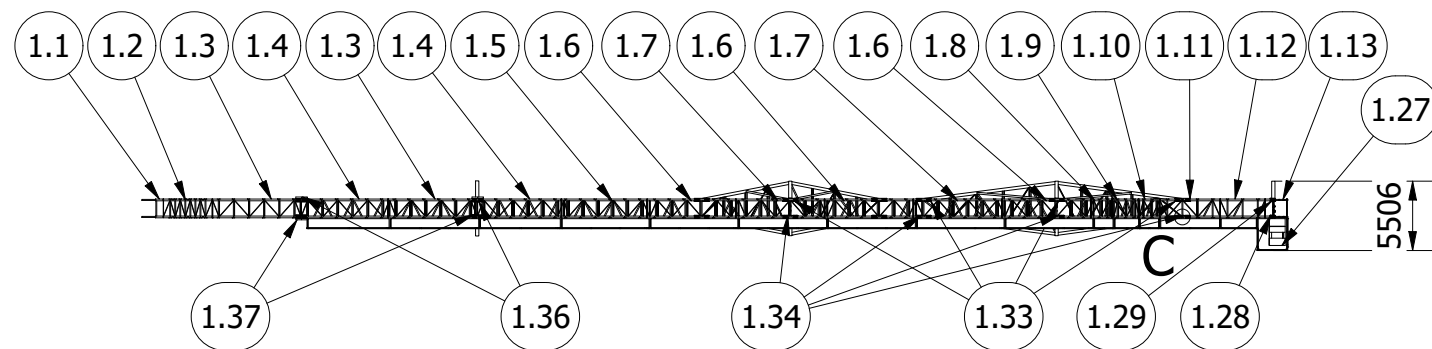
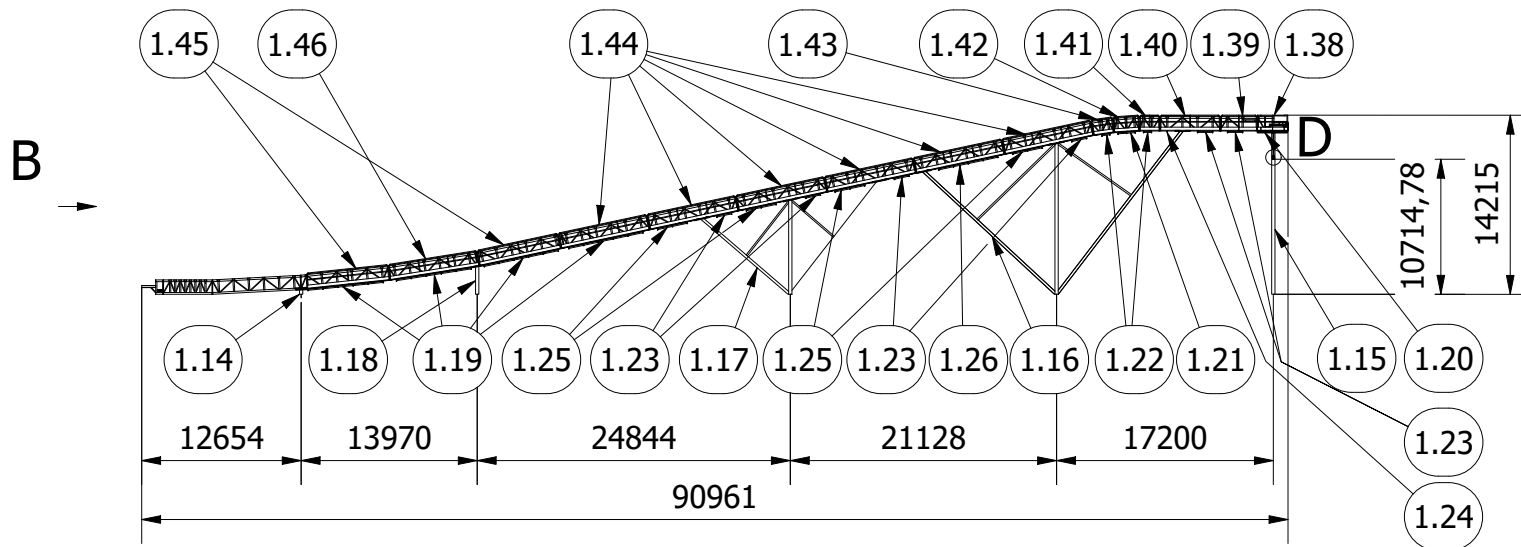


	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre
			Dibujado	04/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 300	0	CINTA TRANSPORTADORA		Edición	
				7 / 8	
				3.2	

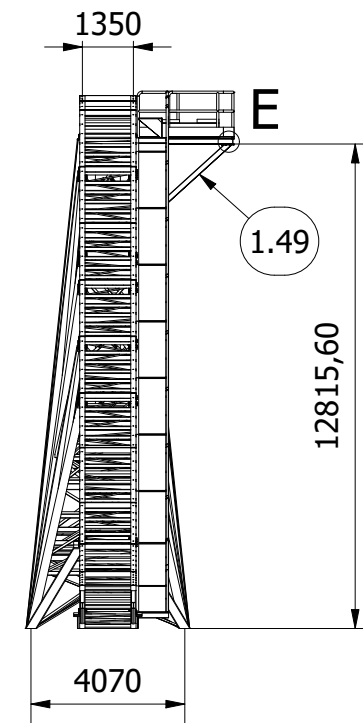
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MASA
0	Cinta transportadora	1	58643,041 kg

LISTA DE PIEZAS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1	Estructura de la cinta	1	S275	47271,17 kg
2	Motor - Reductor 1LE1503-3AB43-4JB5-Z_F74+M11+S00+Y84_3D_es - SK9307VIEC315	1		554,72 kg
3	Tambor Cabeza - Conjunto	1	S275	509,68 kg
4	Soporte SKF FSNL 524-620 + 2320 K + H 2320	8	S275	26,20 kg
5	Acoplamiento	1	S275	226,02 kg
6	Estacion superior - Conjunto	82	S275	37,48 kg
7	Estacion inferior - Conjunto	79	S275	15,34 kg
8	Tambor Desviador	2	S275	321,10 kg
9	Tambor Cola	1	S275	509,68 kg
10	FRENO - FEHSD1-400-AEH-125-6-0-V1-RM-0-00-00-00-PP-PS6	1	Acero, galvanizado	157,00 kg
11	Banda	1	Goma banda	1899,29 kg
12	Tensor	1	S275	1448,49 kg
13	Disco de freno	1	Acero inoxidable	51,55 kg
14	Encauzador	1	S275	254,81 kg
15	DIN 125 - 24	644	Clase 10.9	0,03 kg
16	DIN 933 - M24 x 100	164	Clase 10.9	0,48 kg
17	DIN 934 - M24	322	Clase 10.9	0,13 kg
18	DIN 933 - M24 x 200	12	Clase 10.9	0,83 kg
19	DIN 934 - 16	16	Clase 10.9	0,01 kg
20	DIN 933 - M16 x 80	8	Clase 10.9	0,16 kg
21	DIN 934 - M16	8	Clase 10.9	0,04 kg
22	DIN 933 - M24 x 150	158	Clase 10.9	0,65 kg

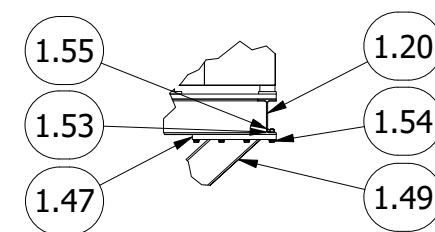
 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Fecha	Nombre
			Dibujado	04/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 300	0	CINTA TRANSPORTADORA		Edición	
				8 / 8	
				3.2	



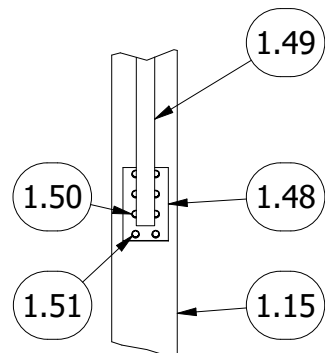
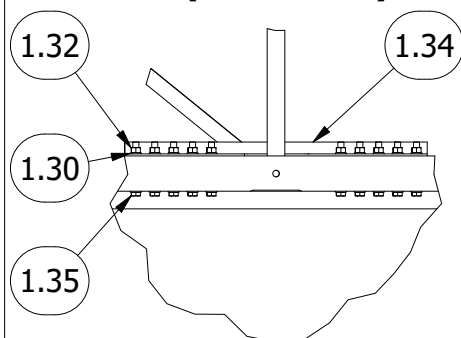
B (1 : 200)



E (1 : 30)



C (1 : 30) D (1 : 30)



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escala
1 : 600

Nº de plano
1

Nombre del plano
ESTRUCTURA DE LA CINTA

Dibujado

Fecha

06/11/2020

Comprobado

10/12/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

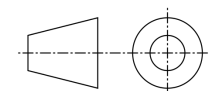
Alberto Díez Ibarbia

Hoja

1 / 2


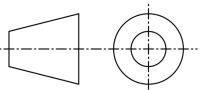
Edición

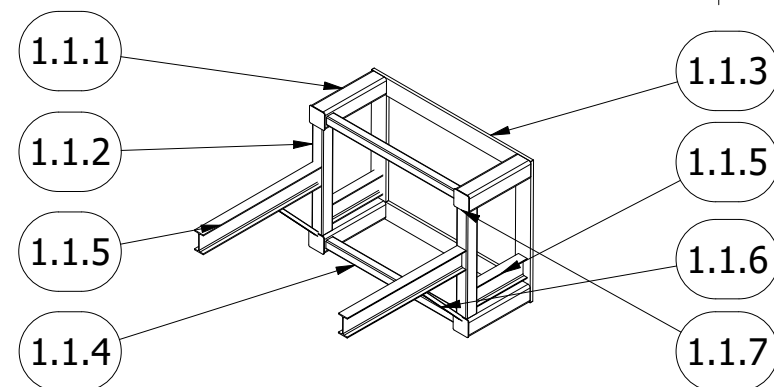
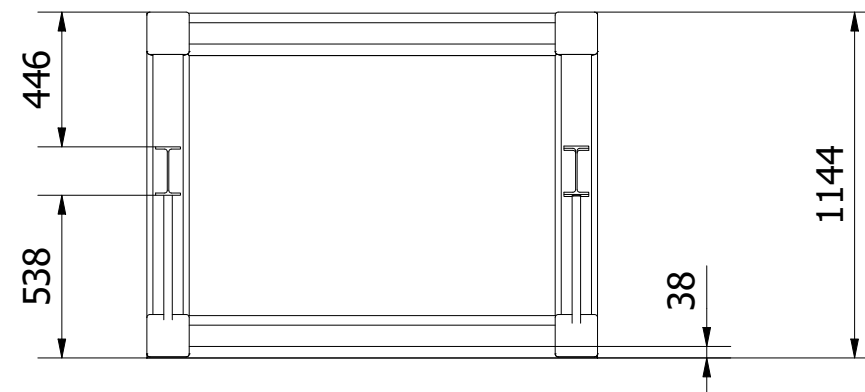
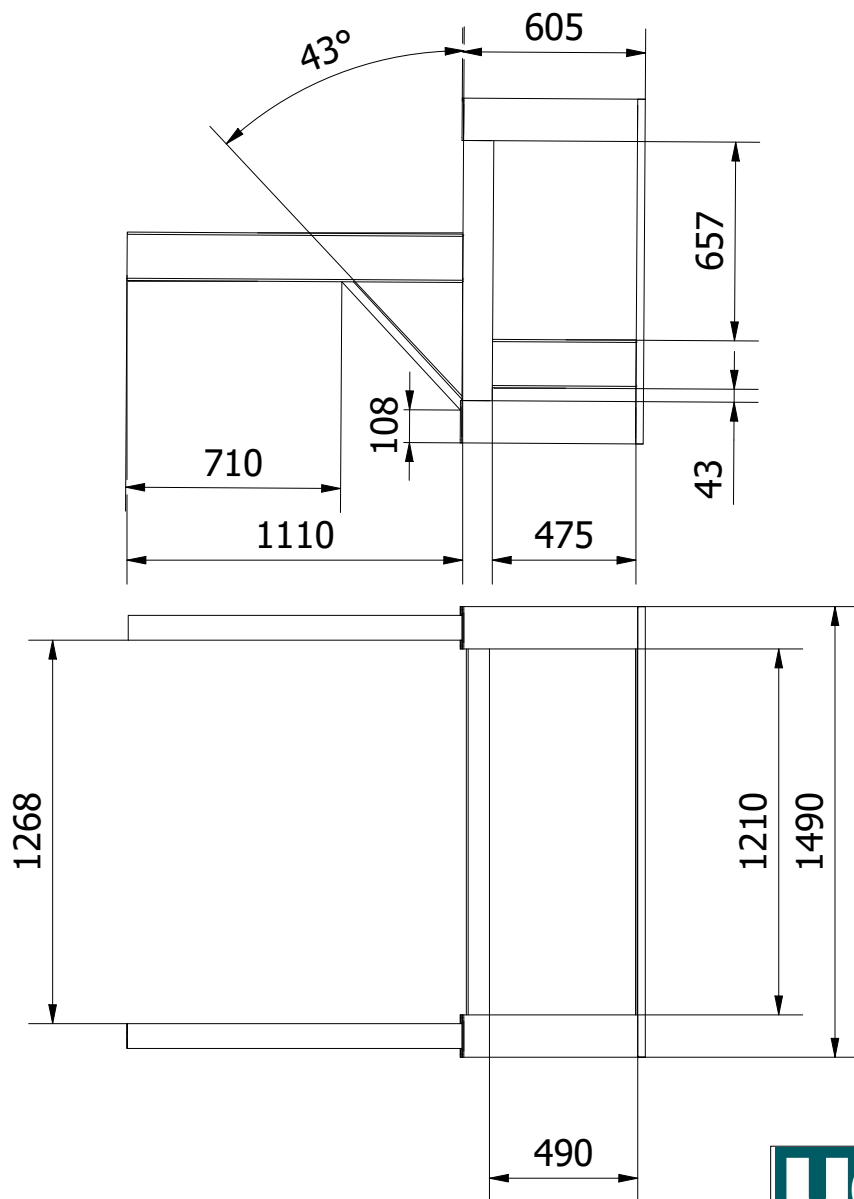
2.7



ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1	Estructura de la cinta	1	S275	47271,174 kg

LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.1	Soporte tambor de cola	1		S275	294,787 kg
1.2	Tramo de carga	1		S275	1116,481 kg
1.3	Tramo curva concava 1	2		S275	1476,126 kg
1.4	Tramo curva concava 2	2		S275	1480,064 kg
1.5	Tramo inclinado 3	1		S275	1473,936 kg
1.6	Tramo inclinado 1	3		S275	1513,629 kg
1.7	Tramo inclinado 2	2		S275	1508,789 kg
1.8	Tramo curva convexa 1	1		S275	573,972 kg
1.9	Tramo curva convexa 2	1		S275	667,546 kg
1.10	Tramo curva convexa 3	1		S275	571,090 kg
1.11	Tramo de descarga 1	1		S275	1087,154 kg
1.12	Tramo de descarga 2	1		S275	881,940 kg
1.13	Soporte tambor de cabeza	1		S275	373,715 kg
1.14	Soporte vertical pequeño	1	420,78 mm	S275	62,811 kg
1.15	Soporte vertical	1		S275	2986,667 kg
1.16	Soporte Y 1	1		S275	5420,533 kg
1.17	Soporte Y 2	1		S275	3587,454 kg
1.18	Soporte vertical 2	1	2508,50 mm	S275	470,936 kg
1.19	Base de pasarela 1	4		S275	280,692 kg
1.20	Base de pasarela 3	1		S275	197,859 kg
1.21	Base de pasarela 2	1		S275	126,875 kg
1.22	Base de pasarela 6	2		S275	78,424 kg
1.23	Base de pasarela 7	6		S275	80,380 kg
1.24	Base de pasarela 8	1	2350,00 mm	S275	30,302 kg
1.25	Base de pasarela 9	4		S275	130,458 kg
1.26	Base de pasarela 10	1		S275	230,614 kg
1.27	Bancada motor	1		S275	1378,722 kg
1.28	Grapa 2	1		Acero, fundido	26,980 kg
1.29	Grapa 1	1		Acero, fundido	30,127 kg
1.30	DIN 125 - 24	632		Clase 10.9	0,033 kg
1.31	DIN 933 - M24 x 200	12		Clase 10.9	0,829 kg
1.32	DIN 934 - M24	316		Clase 10.9	0,127 kg
1.33	Grapa 3	6		Acero, aleación	87,287 kg
1.34	Grapa 4	6		Acero, fundido	78,782 kg
1.35	DIN 933 - M24 x 200	304		Clase 10.9	0,829 kg
1.36	Grapa 5	2		Acero, fundido	113,497 kg
1.37	Grapa 6	2		Acero, fundido	107,536 kg
1.38	PASARELA 1	1		S275	671,090 kg
1.39	PASARELA 2	1		S275	295,279 kg
1.40	PASARELA 3	1		S275	466,404 kg
1.41	PASARELA 4	1		S275	175,400 kg
1.42	PASARELA 5	1		S275	213,604 kg
1.43	PASARELA 6	1		S275	176,902 kg
1.44	PASARELA 7	6		S275	692,964 kg
1.45	PASARELA 8	2		S275	632,456 kg
1.46	PASARELA 9	1		S275	692,467 kg
1.47	Chapa de testa 1 333 x 73 x 20	1		Acero, galvanizado	3,650 kg
1.48	Chapa de testa 2 291 x 180 x 20	1		Acero, galvanizado	7,939 kg
1.49	Barra inclinada	1	3010,00 mm	S275	37,090 kg
1.50	DIN 125 - 16	16		Clase 10.9	0,012 kg
1.51	DIN 933 - M16 x 65	8		Clase 10.9	0,139 kg
1.52	DIN 934 - M16	8		Clase 10.9	0,039 kg
1.53	DIN 125 - 12	16		Clase 10.9	0,006 kg
1.54	DIN 933 - M12 x 45	8		Clase 10.9	0,055 kg
1.55	DIN 934 - M12	8		Clase 10.9	0,016 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	06/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 600	1	ESTRUCTURA DE LA CINTA			Edición 2.7	



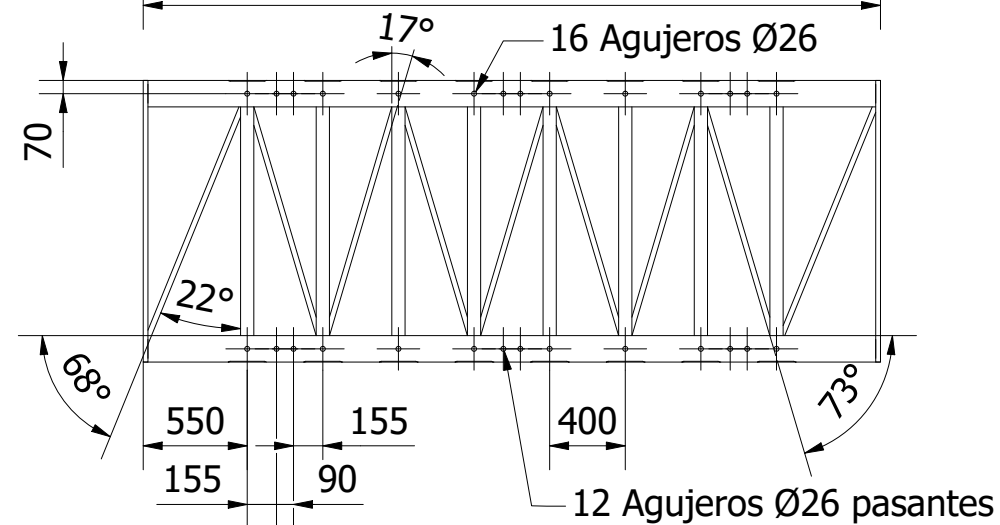
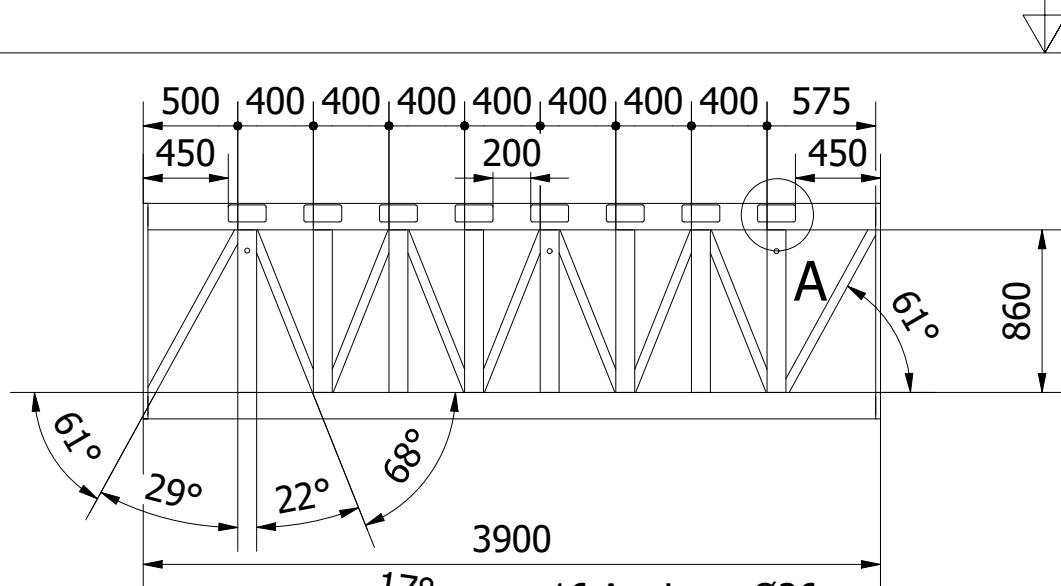
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.1.1	TCAR 140x8	4	575 mm	Acero	19,07 kg
1.1.2	TCAR 100x3.2	2	860 mm	Acero	8,36 kg
1.1.3	Pletina 140x25	4	1315 mm	Acero	36,13 kg
1.1.4	TCAR 70x3.2	2	1210 mm	Acero	8,12 kg
1.1.5	IPE 160	4	790 mm	Acero	12,48 kg
1.1.6	TCAR 28x4	2	585 mm	Acero	1,68 kg
1.1.7	Placa 140 x 140 x 5	4		Acero, suave	0,77 kg



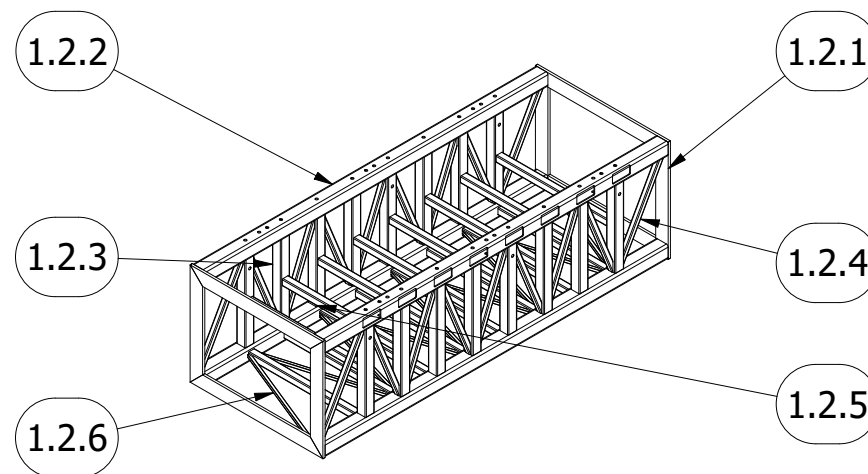
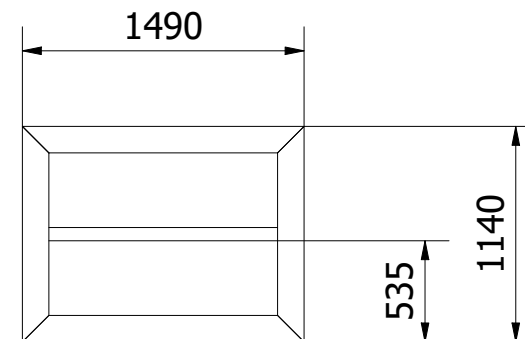
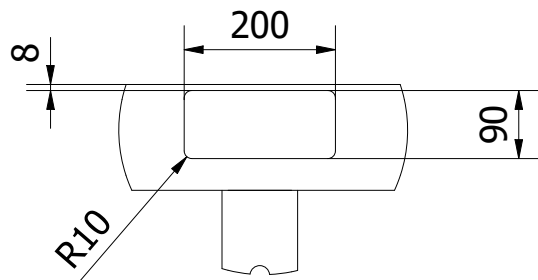
UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	07/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 25	1.1	SOPORTE TAMBOR DE COLA	1 / 1	1.4	



A (1 : 10)



LISTA DE PIEZAS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	CTDAD UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.2.1	Pletina 140x25	8	1315 mm	S275	36,13 kg
1.2.2	TCAR 140x8	4	3850 mm	S275	127,66 kg
1.2.3	TCAR 100x3.2	16	860 mm	S275	8,36 kg
1.2.4	TCAR 50x3.2	18	927 mm	S275	3,87 kg
1.2.5	TCAR 70x3.2	16	1230 mm	S275	7,47 kg
1.2.6	TCAR 28x4	9	1266 mm	S275	1,62 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1:40

Nº de plano

1.2

Nombre del plano

TRAMO DE CARGA

Fecha

07/11/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

Comprobado

10/12/2020

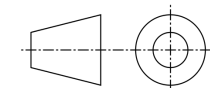
Alberto Díez Ibarbia

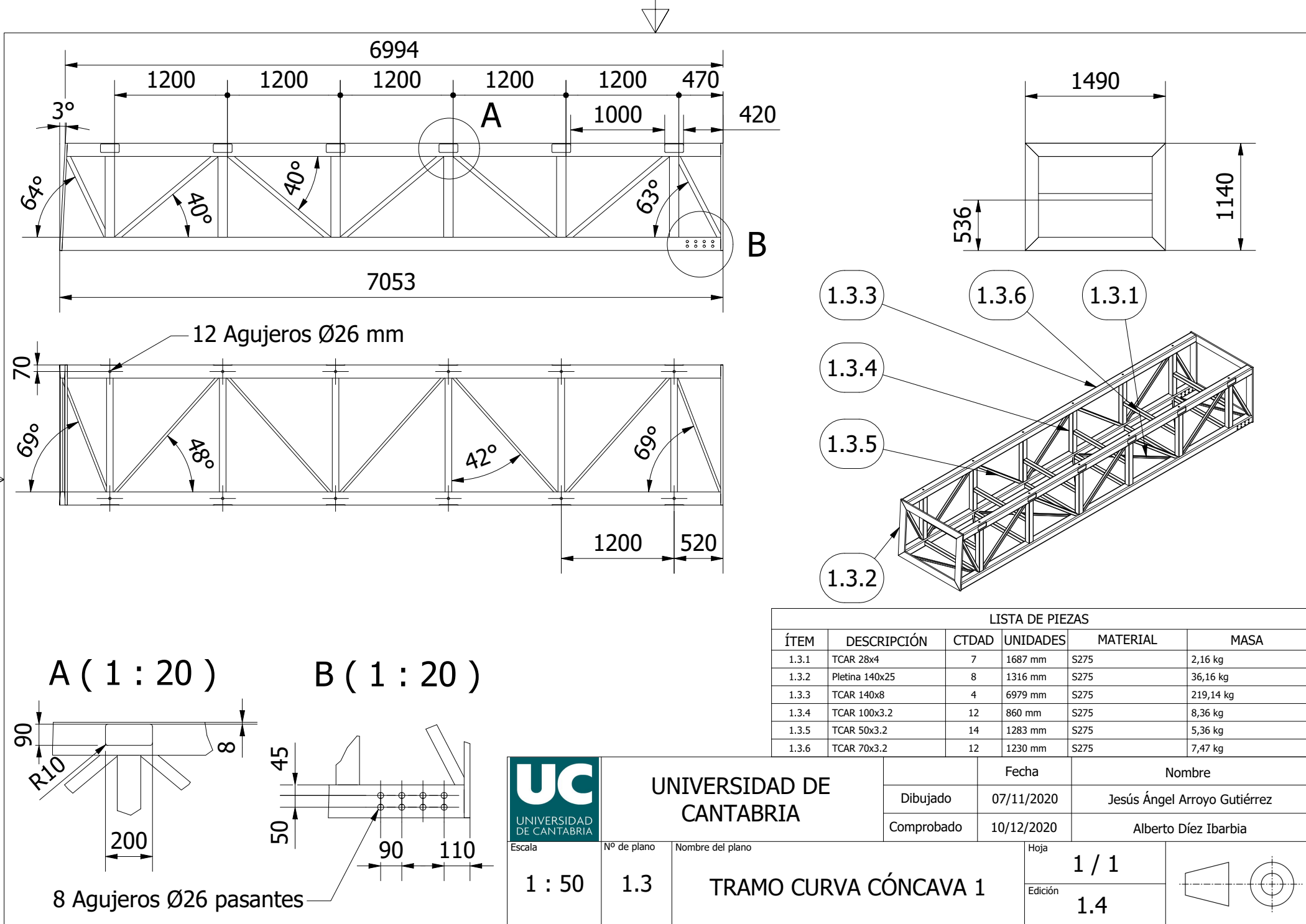
Hoja

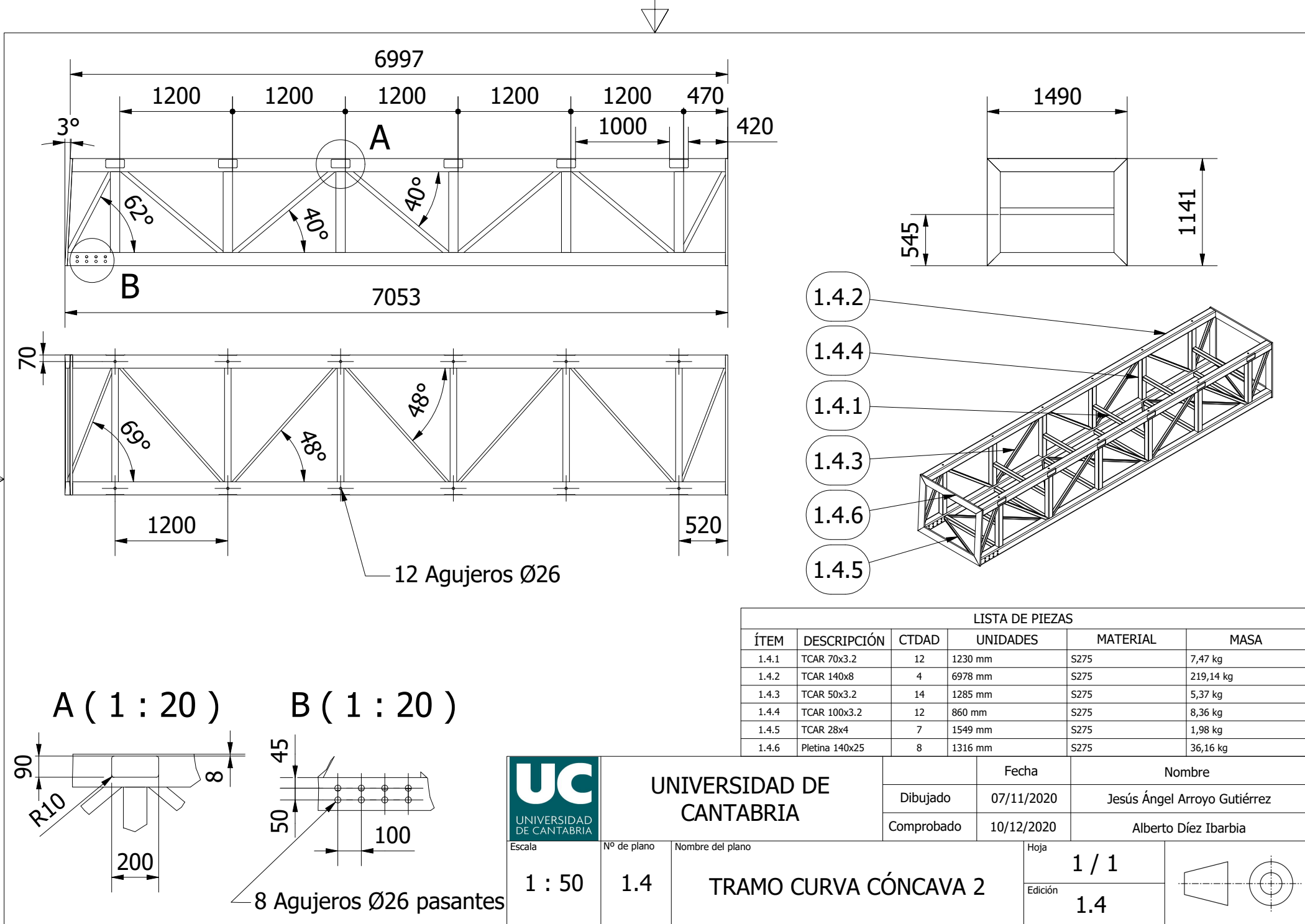
1 / 1

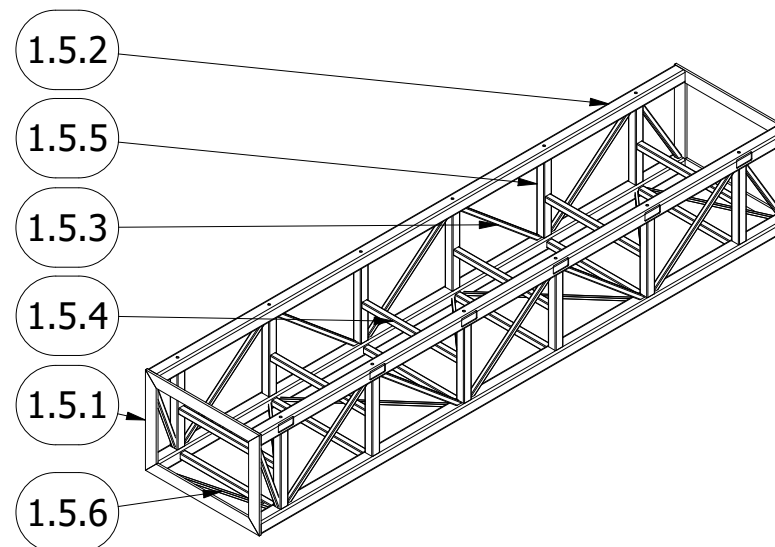
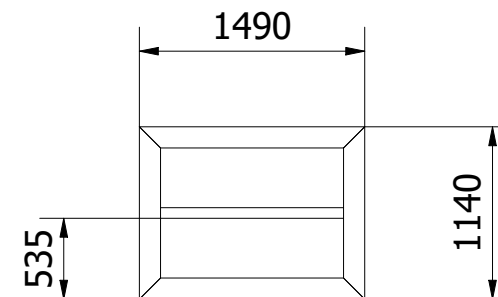
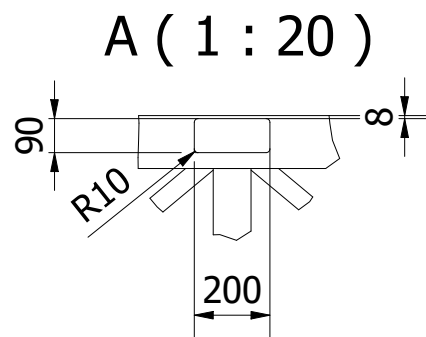
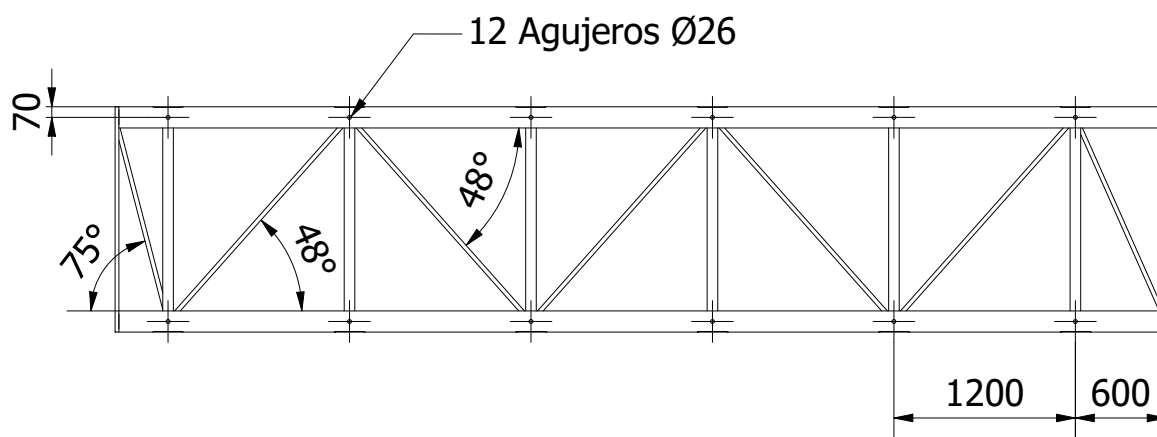
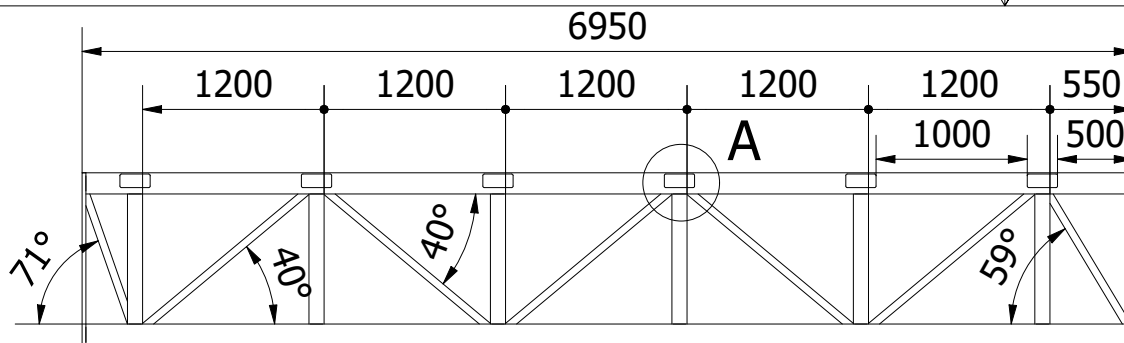
Edición

1.4









LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.5.1	Pletina 140x25	8	1315 mm	S275	36,16 kg
1.5.2	TCAR 140x8	4	6900 mm	S275	228,79 kg
1.5.3	TCAR 50x3.2	14	1281 mm	S275	5,35 kg
1.5.4	TCAR 70x3.2	12	1230 mm	S275	7,47 kg
1.5.5	TCAR 100x3.2	12	860 mm	S275	8,36 kg
1.5.6	TCAR 28x4	7	1690 mm	S275	2,16 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 50

Nº de plano

1.5

Nombre del plano

TRAMO INCLINADO 3

Dibujado

Fecha

08/11/2020

Comprobado

10/12/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

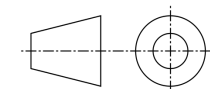
Alberto Díez Ibarbia

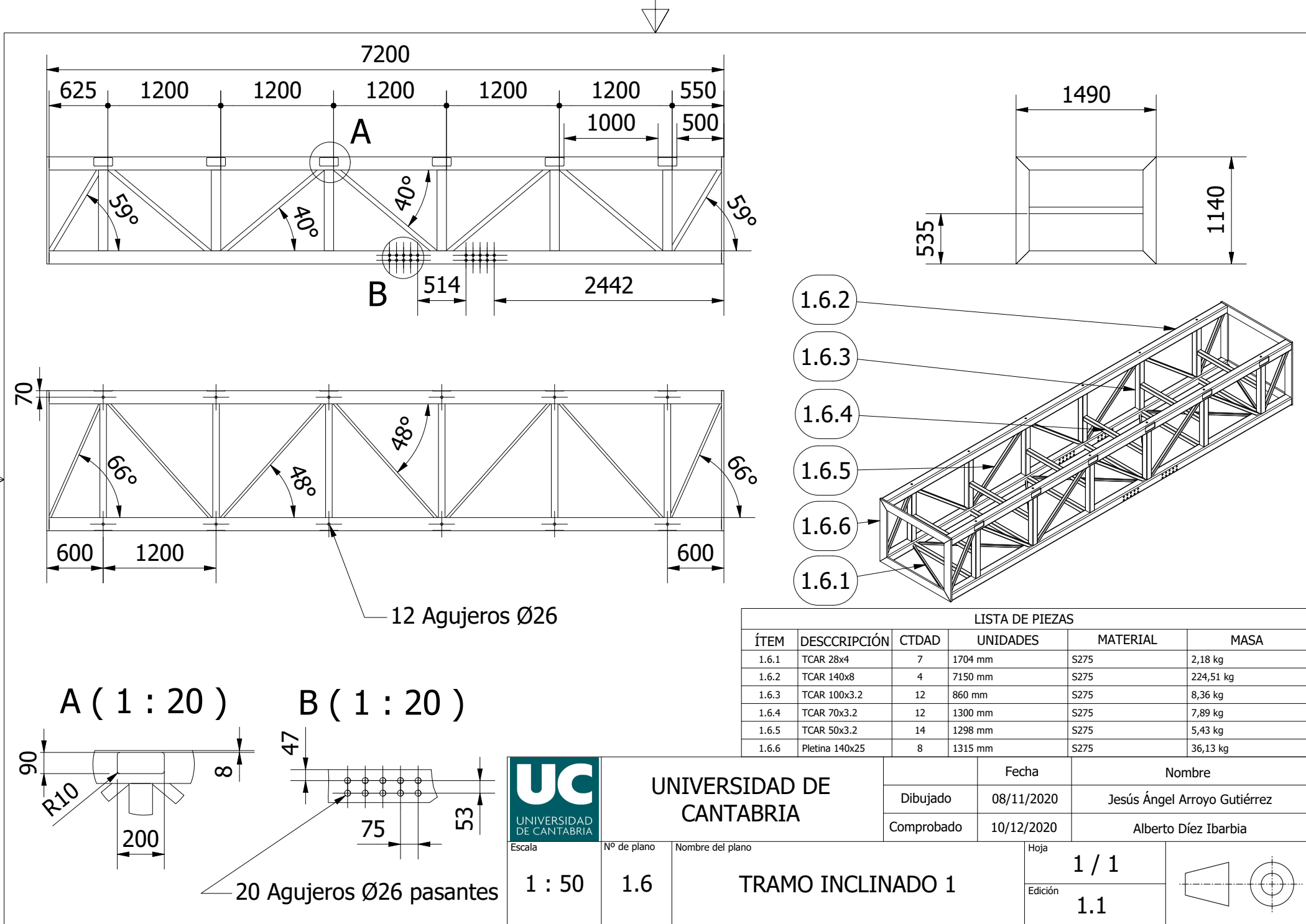
Hoja

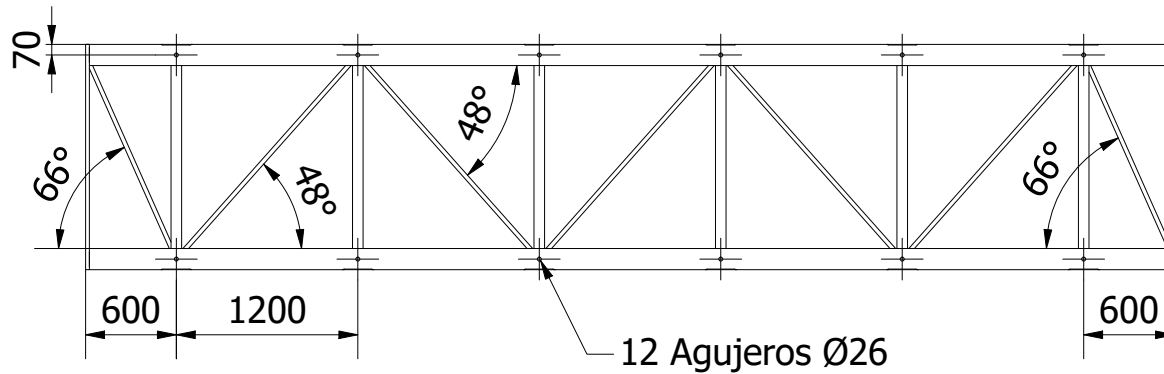
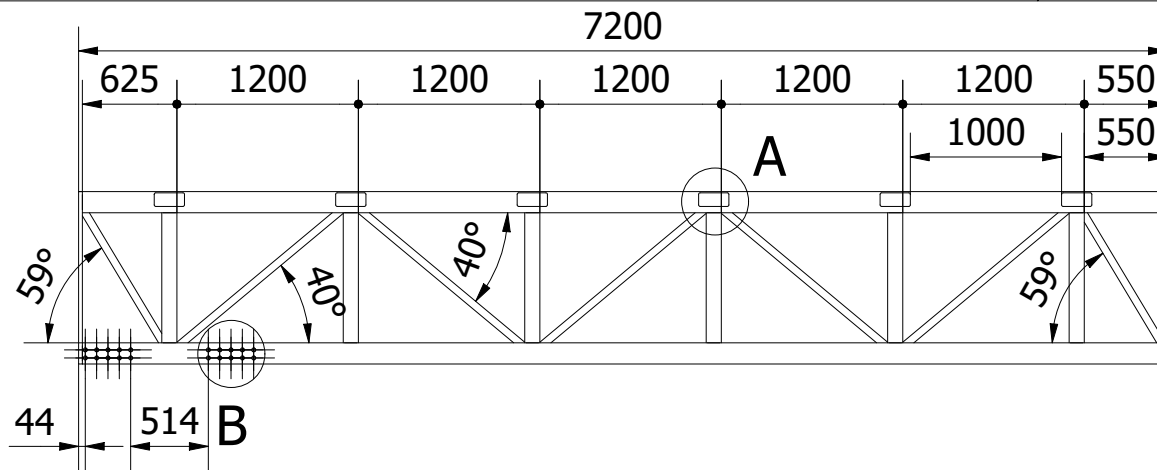
1 / 1

Edición

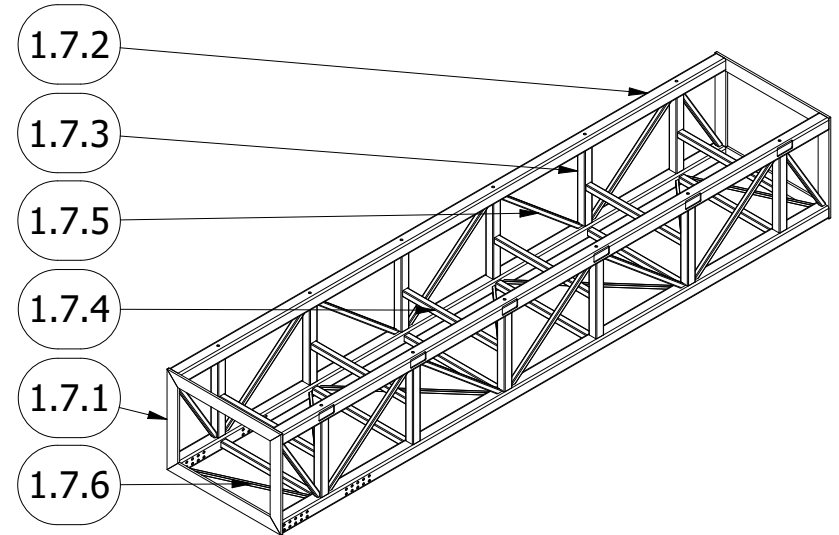
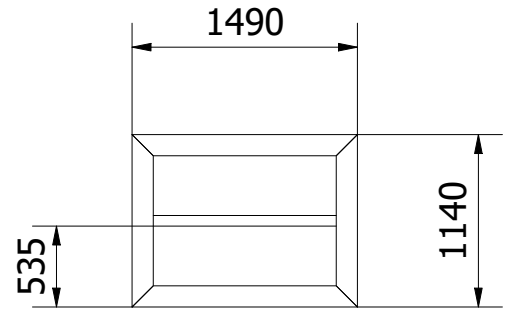
1.1







12 Agujeros Ø26

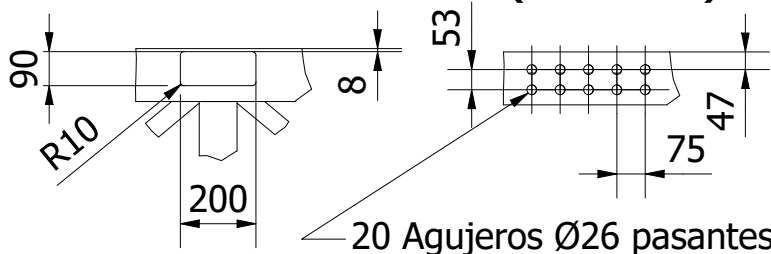


LISTA DE PIEZAS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.7.1	Pletina 140x25	8	1315 mm	S275	36,13 kg
1.7.2	TCAR 140x8	4	7150 mm	S275	224,51 kg
1.7.3	TCAR 100x3.2	12	860 mm	S275	8,36 kg
1.7.4	TCAR 70x3.2	12	1350 mm	S275	8,19 kg
1.7.5	TCAR 50x3.2	14	1294 mm	S275	5,41 kg
1.7.6	TCAR 28x4	7	1630 mm	S275	2,09 kg

A (1 : 20)

B (1 : 20)



20 Agujeros Ø26 pasantes



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 50

Nº de plano

1.7

Nombre del plano

TRAMO INCLINADO 2

Dibujado

Fecha

08/11/2020

Comprobado

10/12/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

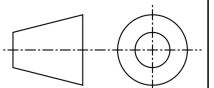
Alberto Díez Ibarbia

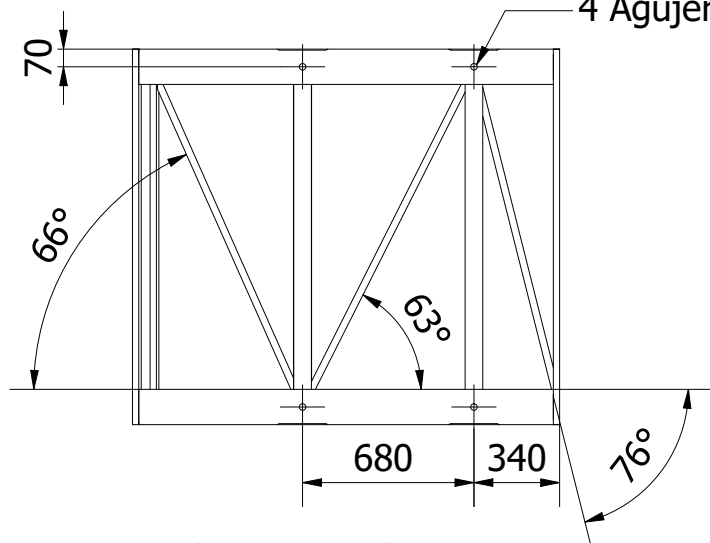
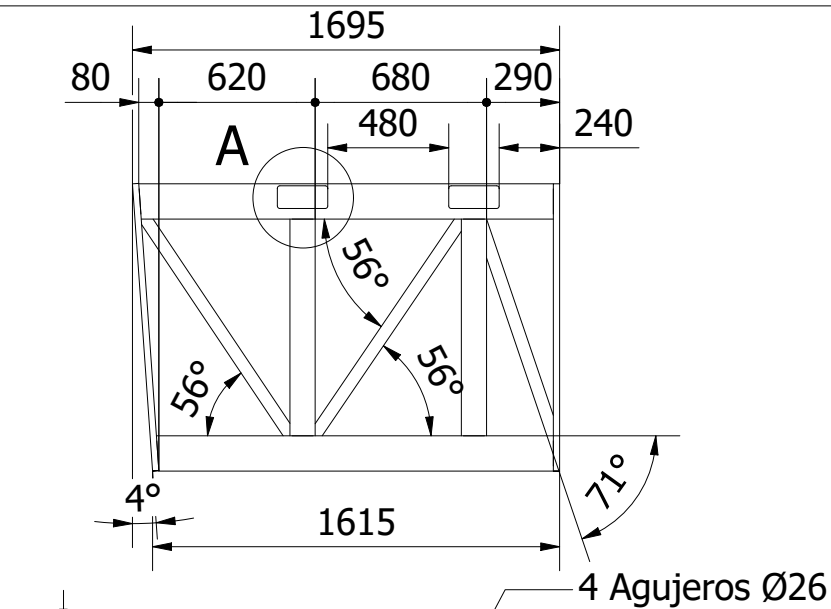
Hoja

1 / 1

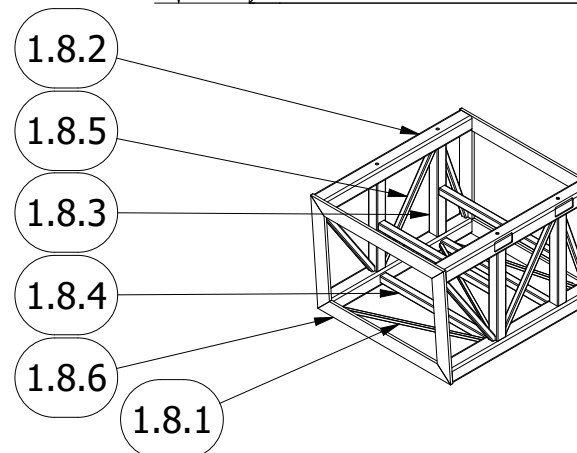
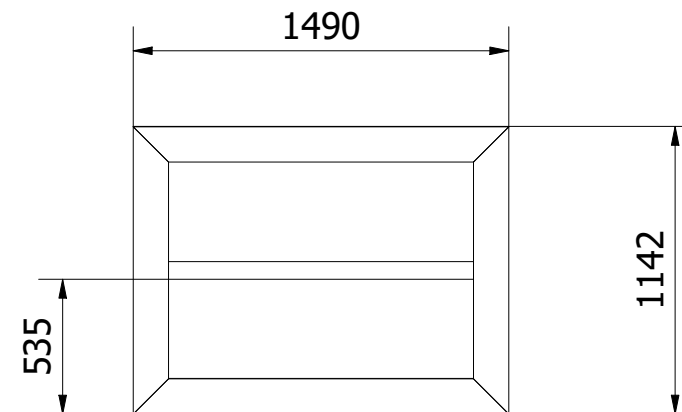
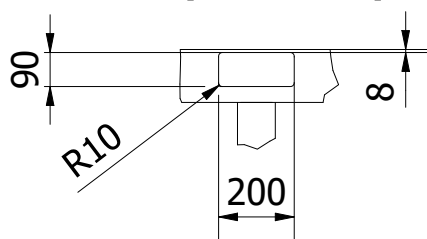
Edición

1.1





A (1 : 20)



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.8.1	TCAR 28x4	3	1372 mm	S275	1,76 kg
1.8.2	TCAR 140x8	4	1610 mm	S275	50,55 kg
1.8.3	TCAR 100x3.2	4	860 mm	S275	8,36 kg
1.8.4	TCAR 70x3.2	4	1350 mm	S275	8,19 kg
1.8.5	TCAR 50x3.2	6	1012 mm	S275	4,23 kg
1.8.6	Pletina 140x25	8	1316 mm	S275	36,16 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 30

Nº de plano

1.8

Nombre del plano

TRAMO CURVA CONVEXA 1

Dibujado

Fecha

08/11/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

Comprobado

10/12/2020

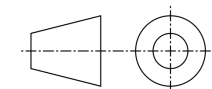
Alberto Díez Ibarbia

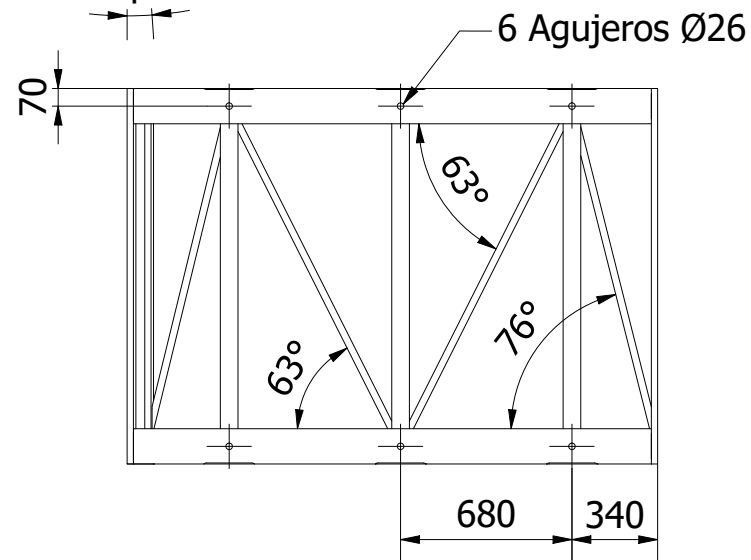
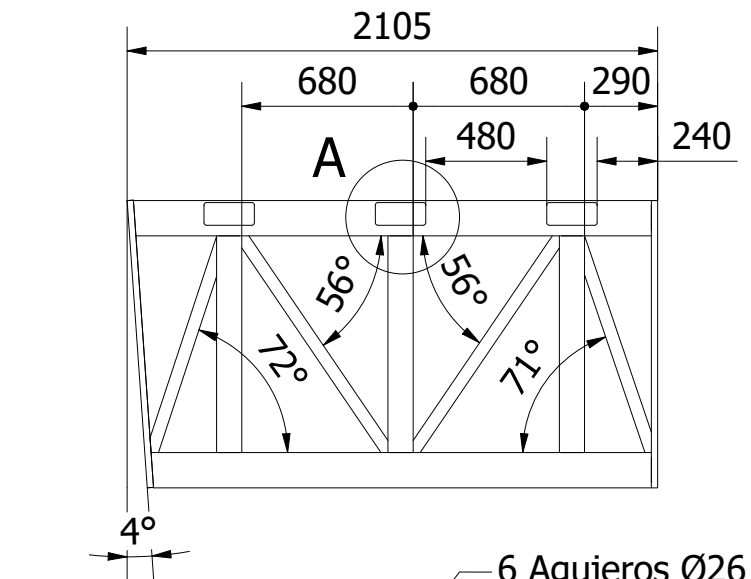
Hoja

1 / 1

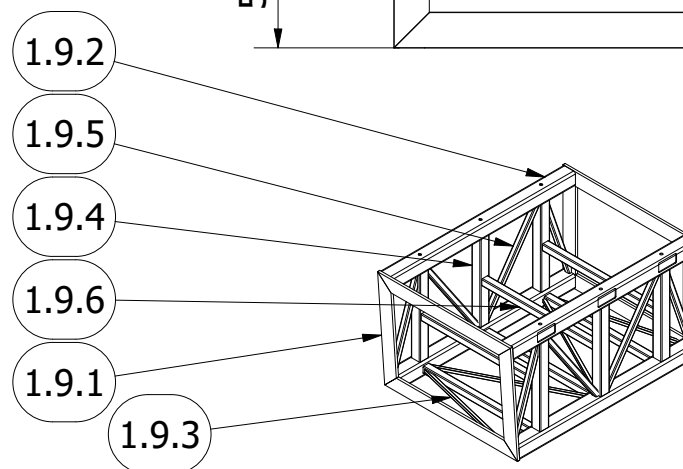
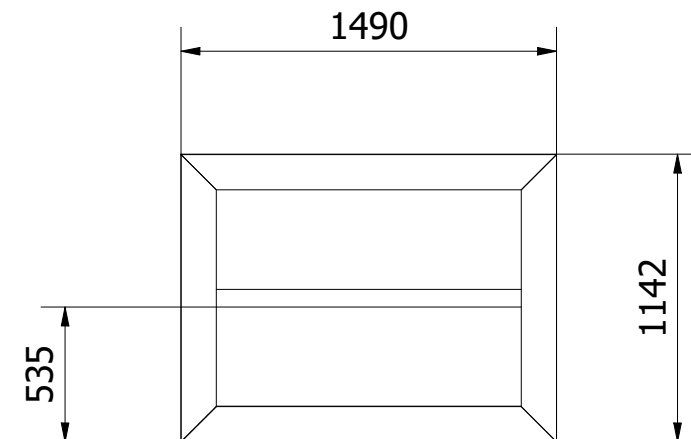
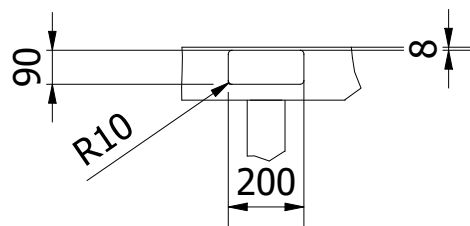
Edición

1.1


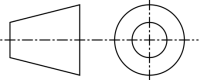


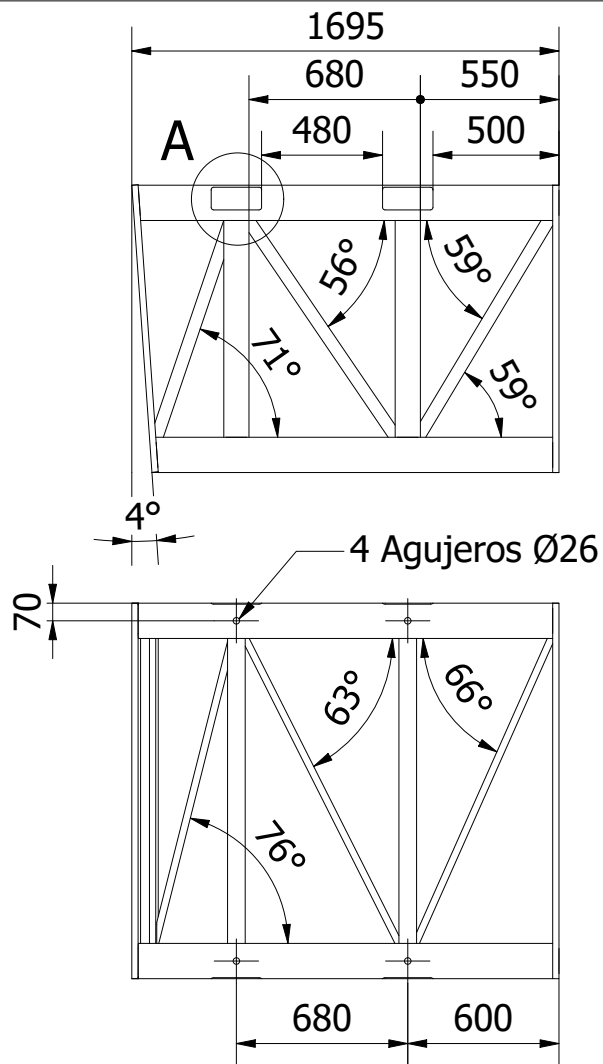


A (1 : 20)

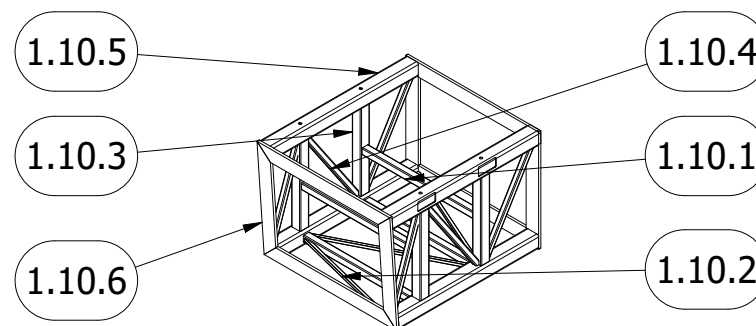
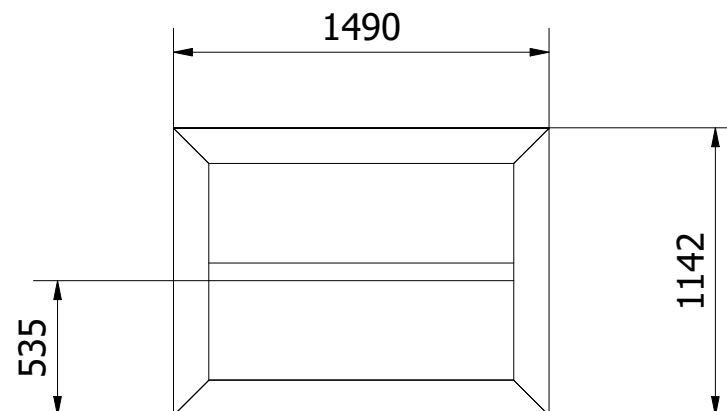
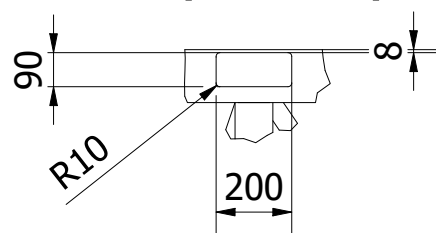


LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.9.1	Pletina 140x25	8	1316 mm	S275	36,16 kg
1.9.2	TCAR 140x8	4	2020 mm	S275	63,43 kg
1.9.3	TCAR 28x4	4	1334 mm	S275	1,71 kg
1.9.4	TCAR 100x3.2	6	860 mm	S275	8,36 kg
1.9.5	TCAR 50x3.2	8	977 mm	S275	4,08 kg
1.9.6	TCAR 70x3.2	6	1230 mm	S275	7,47 kg


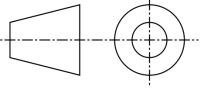
	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	08/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 30	1.9	TRAMO CURVA CONVEXA 2			Edición	
					1 / 1	
					1.1	

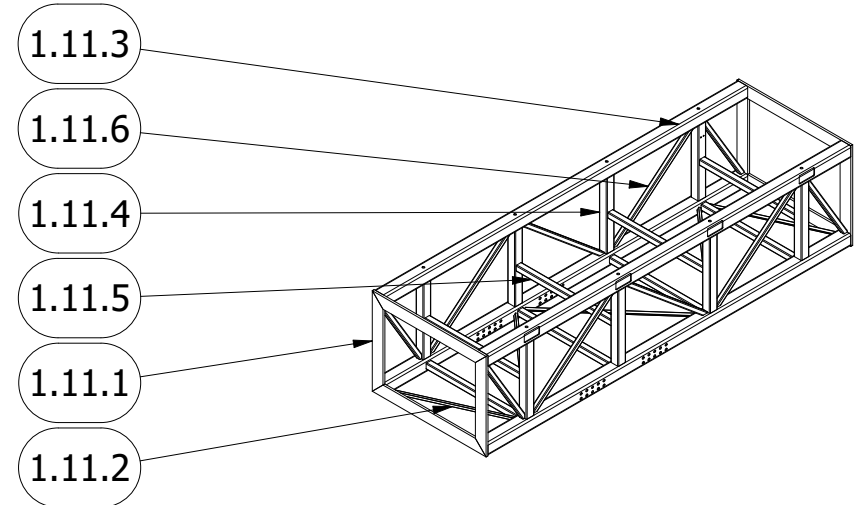
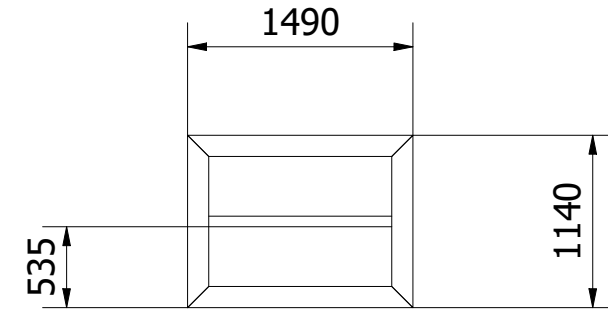
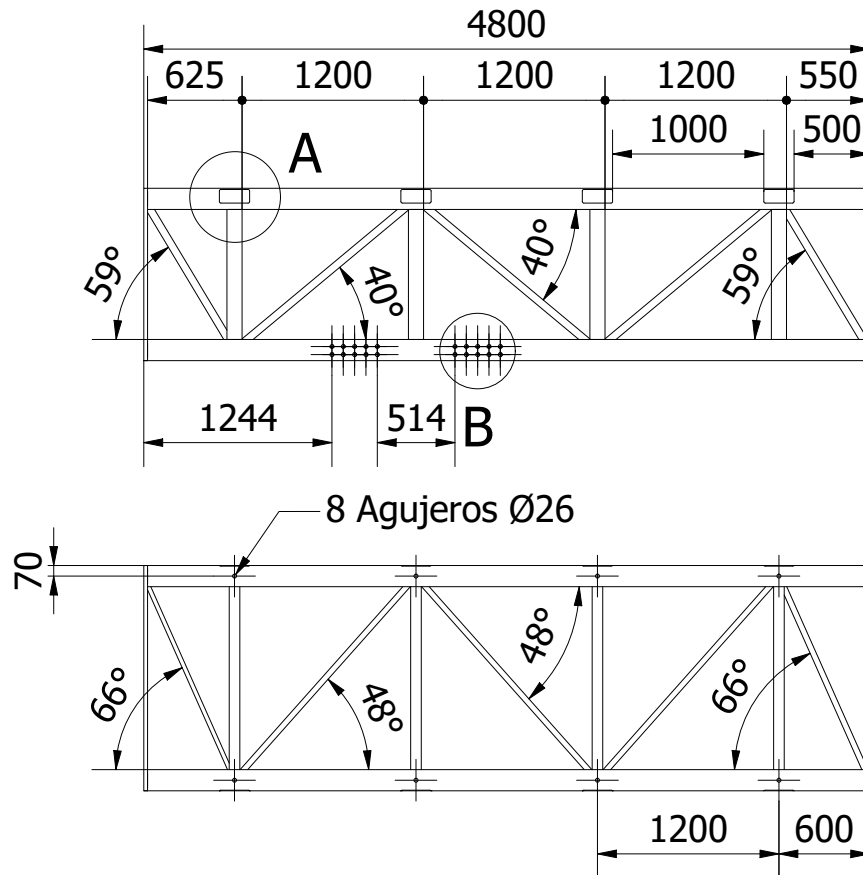


A (1 : 20)

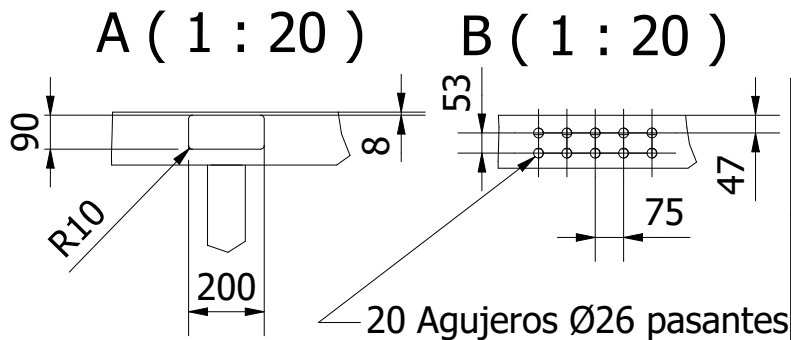


LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.10.1	TCAR 70x3.2	4	1230 mm	S275	7,47 kg
1.10.2	TCAR 28x4	3	1318 mm	S275	1,69 kg
1.10.3	TCAR 100x3.2	4	860 mm	S275	8,36 kg
1.10.4	TCAR 50x3.2	6	983 mm	S275	4,11 kg
1.10.5	TCAR 140x8	4	1670 mm	S275	52,44 kg
1.10.6	Pletina 140x25	8	1316 mm	S275	36,16 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	08/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 30	1.10	TRAMO CURVA CONVEXA 3			Edición	
					1 / 1	
					1.1	



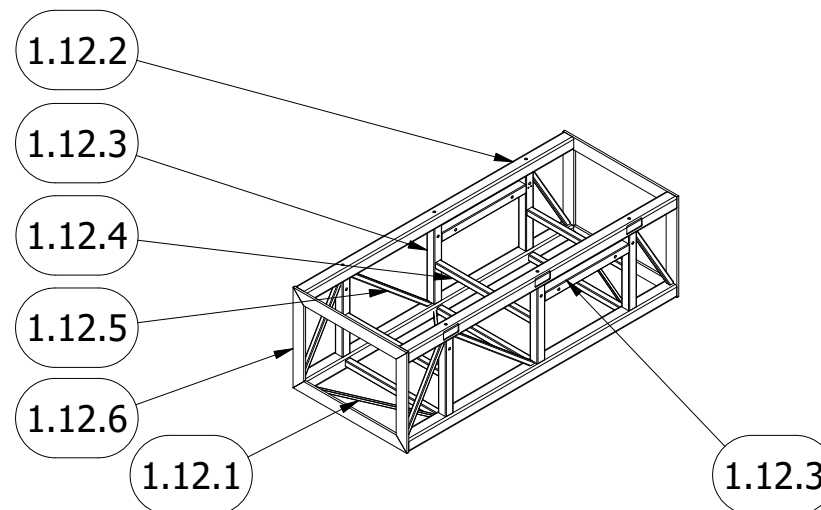
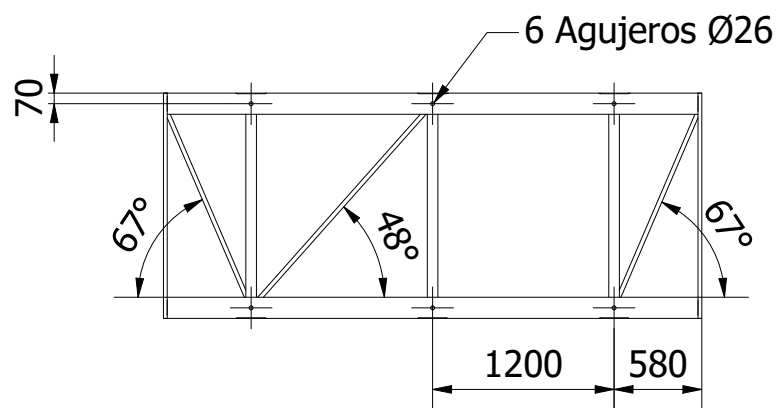
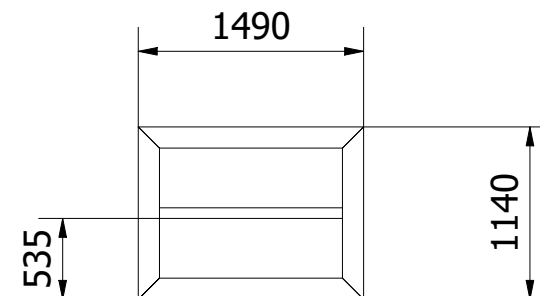
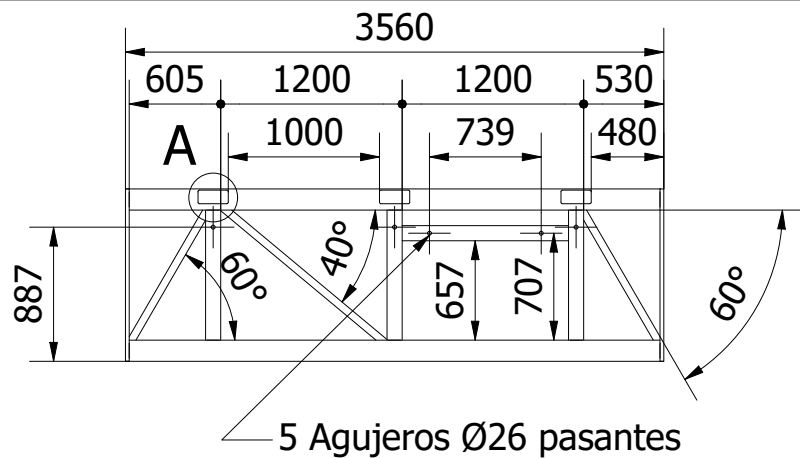
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.11.1	Pletina 140x25	8	1315 mm	S275	36,16 kg
1.11.2	TCAR 28x4	5	1526 mm	S275	1,95 kg
1.11.3	TCAR 140x8	4	4750 mm	S275	149,15 kg
1.11.4	TCAR 100x3.2	8	860 mm	S275	8,36 kg
1.11.5	TCAR 70x3.2	4	2460 mm	S275	14,93 kg
1.11.6	TCAR 50x3.2	10	1245 mm	S275	5,20 kg



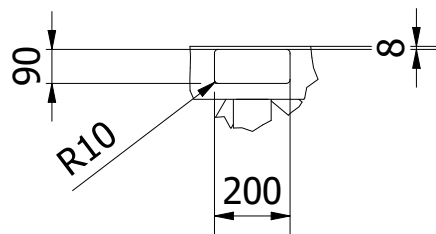
UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	08/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 50	1.11	TRAMO DE DESCARGA 1	1 / 1	1.1	



A (1 : 20)



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.12.1	TCAR 28x4	3	1563 mm	S275	2,00 kg
1.12.2	TCAR 140x8	4	3510 mm	S275	116,39 kg
1.12.3	TCAR 100x3.2	8	920 mm	S275	8,18 kg
1.12.4	TCAR 70x3.2	6	1230 mm	S275	7,47 kg
1.12.5	TCAR 50x3.2	6	1141 mm	S275	4,77 kg
1.12.6	Pletina 140x25	8	1315 mm	S275	36,16 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 50

Nº de plano

1.12

Nombre del plano

TRAMO DE DESCARGA 2

Dibujado

Fecha

08/11/2020

Comprobado

10/12/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

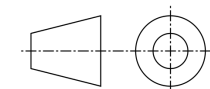
Alberto Díez Ibarbia

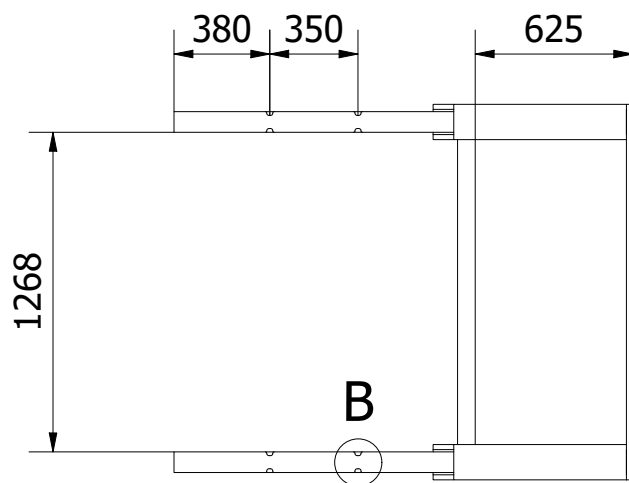
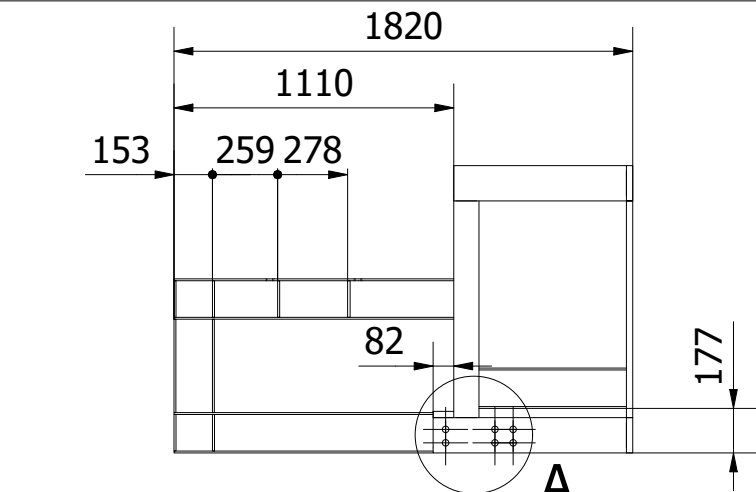
Hoja

1 / 1

Edición

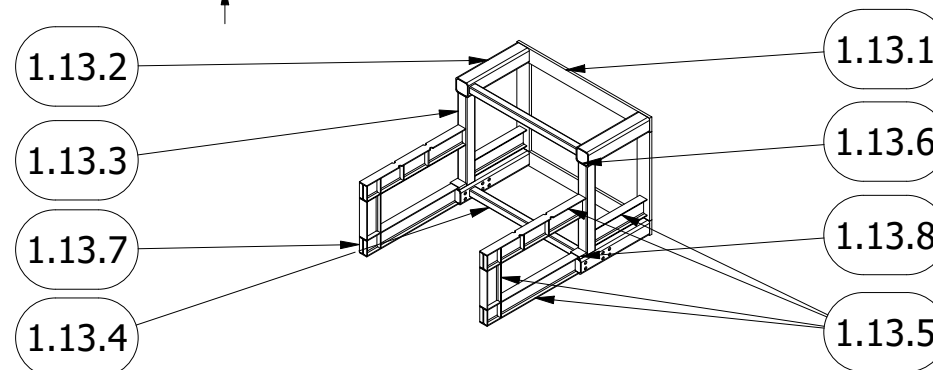
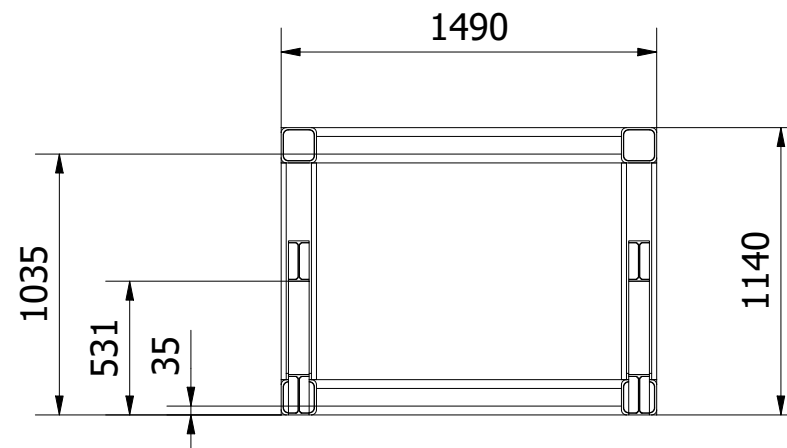
1.1



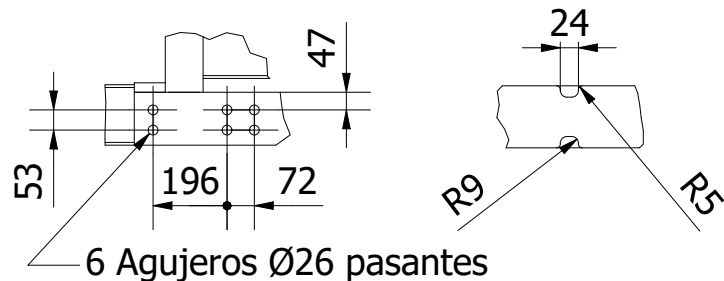


A (1 : 20)

B (1 : 10)



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.13.1	Pletina 140x25	4	1175 mm	S275	32,28 kg
1.13.2	TCAR 140x8	4	685 mm	S275	21,51 kg
1.13.3	TCAR 100x3.2	2	860 mm	S275	8,36 kg
1.13.4	TCAR 70x3.2	2	1210 mm	S275	8,12 kg
1.13.5	IPE 160	8	1110 mm	S275	17,54 kg
1.13.6	Placa 121,76 x 121,76 x 15	4		S275	1,71 kg
1.13.7	Rigidizador 145,2 x 38,5 x 8	24		S275	1,00 kg
1.13.8	Chapa 100 x 82 x 25	2		S275	1,00 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 30

Nº de plano

1.13

Nombre del plano

SOPORTE TAMBOR DE CABEZA

Dibujado
Comprobado

Fecha

08/11/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

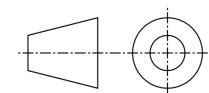
Alberto Díez Ibarbia

Hoja

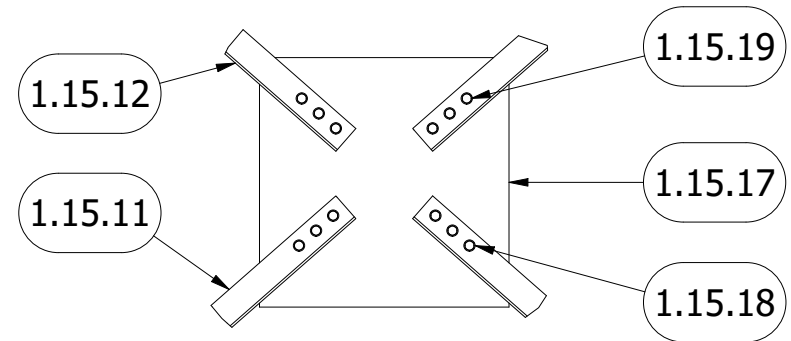
1 / 1

Edición

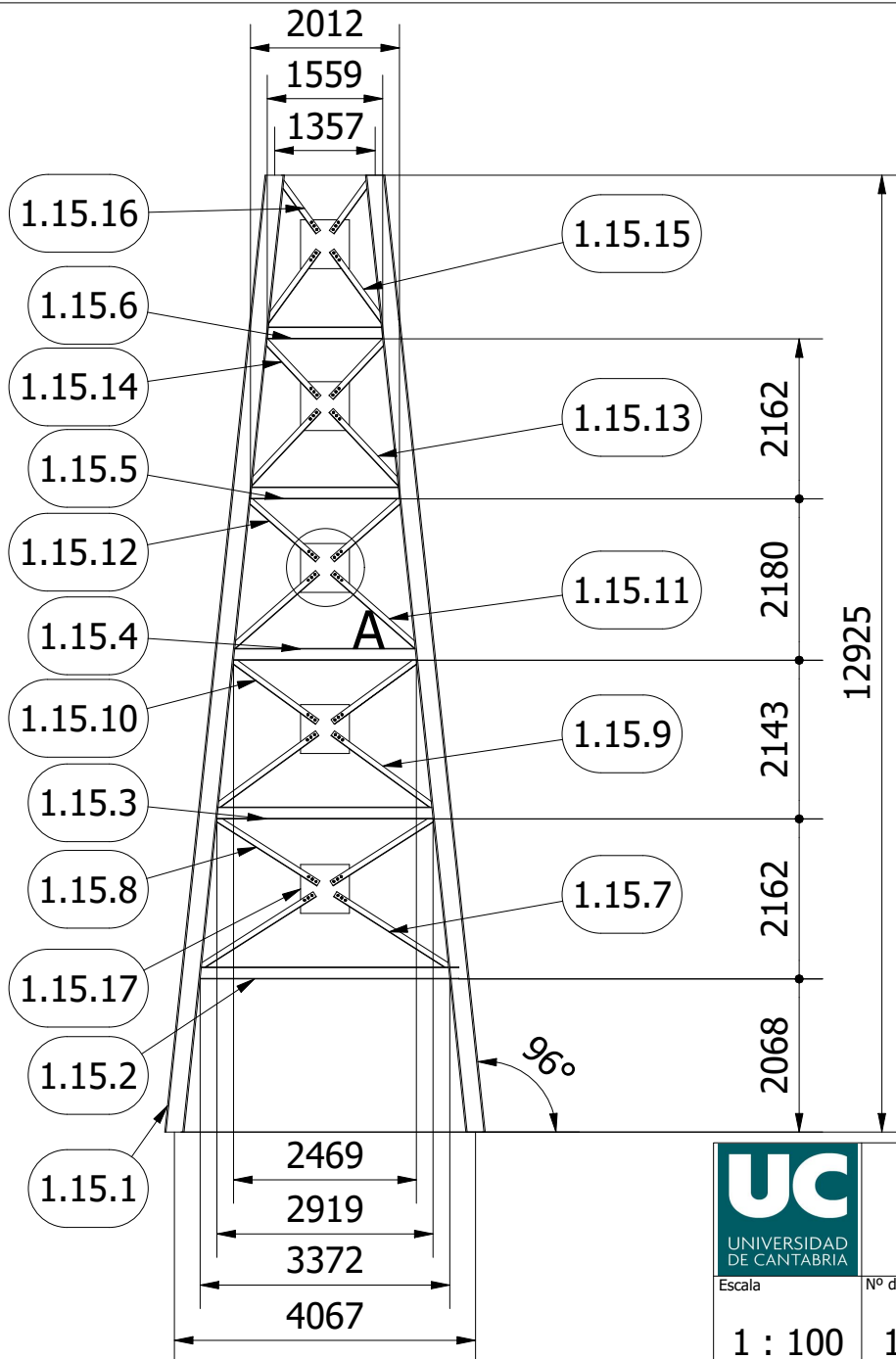
1.1



A (1 : 20)



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.15.1	HEB 260	2	13023 mm	S275	1209,63 kg
1.15.2	IPE 160	1	3372 mm	S275	53,28 kg
1.15.3	IPE 160	1	2919 mm	S275	46,12 kg
1.15.4	IPE 160	1	2469 mm	S275	39,01 kg
1.15.5	IPE 160	1	2012 mm	S275	31,79 kg
1.15.6	IPE 160	1	1559 mm	S275	24,63 kg
1.15.7	CAE 80 x 5.5	2	1783 mm	S275	26,86 kg
1.15.8	CAE 80 x 5.5	2	1605 mm	S275	15,46 kg
1.15.9	CAE 80 x 5.5	2	1638 mm	S275	24,11 kg
1.15.10	CAE 80 x 5.5	2	1377 mm	S275	13,26 kg
1.15.11	CAE 80 x 5.5	2	1503 mm	S275	21,67 kg
1.15.12	CAE 80 x 5.5	2	1179 mm	S275	11,35 kg
1.15.13	CAE 80 x 5.5	2	1365 mm	S275	18,98 kg
1.15.14	CAE 80 x 5.5	2	989 mm	S275	9,52 kg
1.15.15	CAE 80 x 5.5	2	1186 mm	S275	16,39 kg
1.15.16	CAE 80 x 5.5	2	841 mm	S275	8,10 kg
1.15.17	Cartela 660 x 660 x 10	5		S275	34,19 kg
1.15.18	DIN 125 - 16	120		Clase 10.9	0,01 kg
1.15.19	DIN 933 - M16 x 40	60		Clase 10.9	0,10 kg
1.15.20	DIN 934 - M16	60		Clase 10.9	0,04 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 100

Nº de plano

1.15

Nombre del plano

SOPORTE VERTICAL

Dibujado

Fecha

10/11/2020

Comprobado

10/12/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

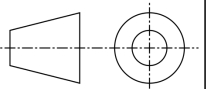
Alberto Díez Ibarbia

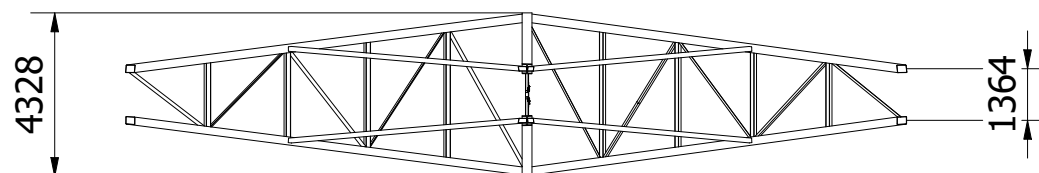
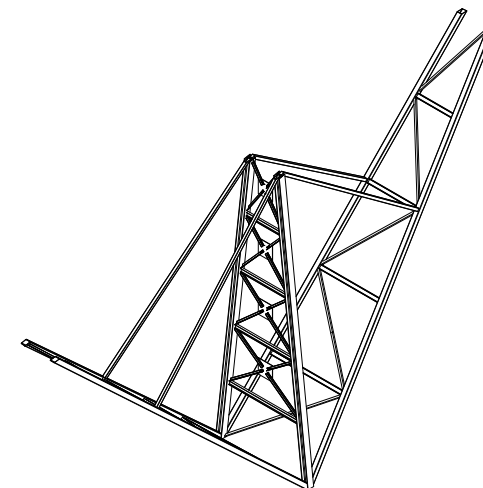
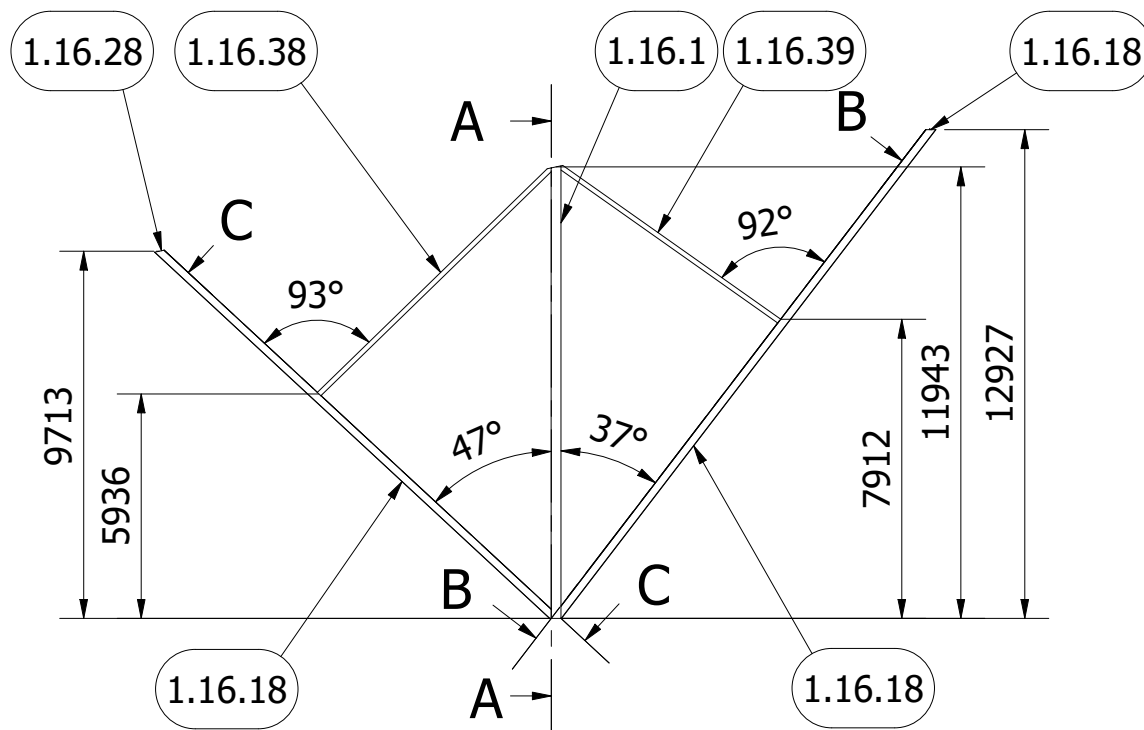
Hoja


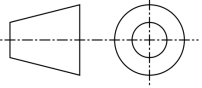
1 / 1

Edición

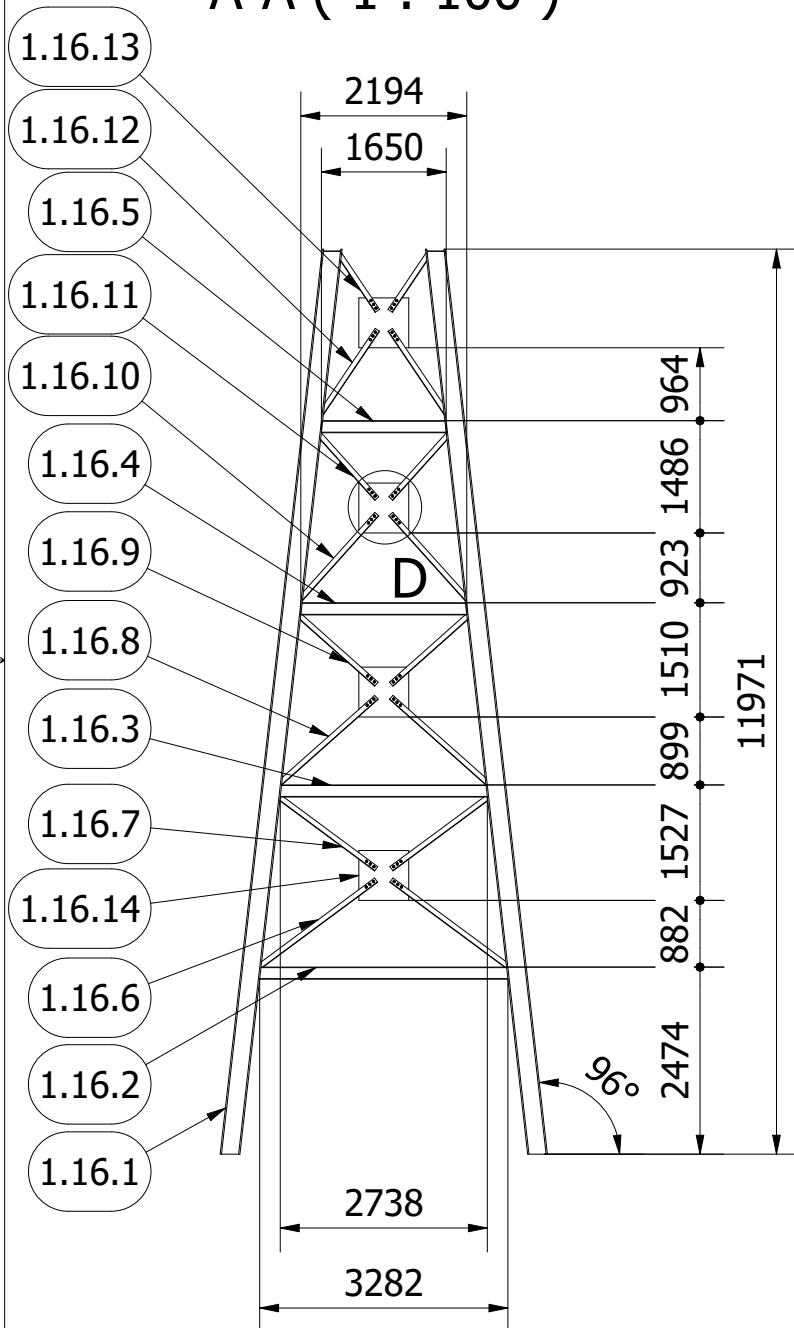
1.4



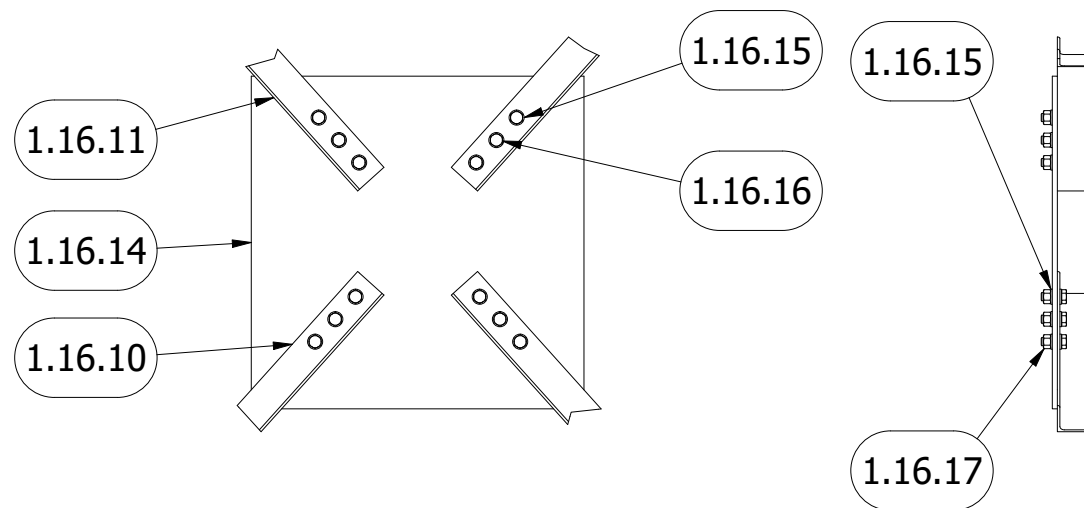



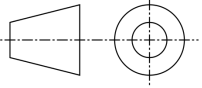
	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	11/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 200	1.16	SOPORTE Y 1		Edición	
				1 / 5	
				1.1	

A-A (1 : 100)

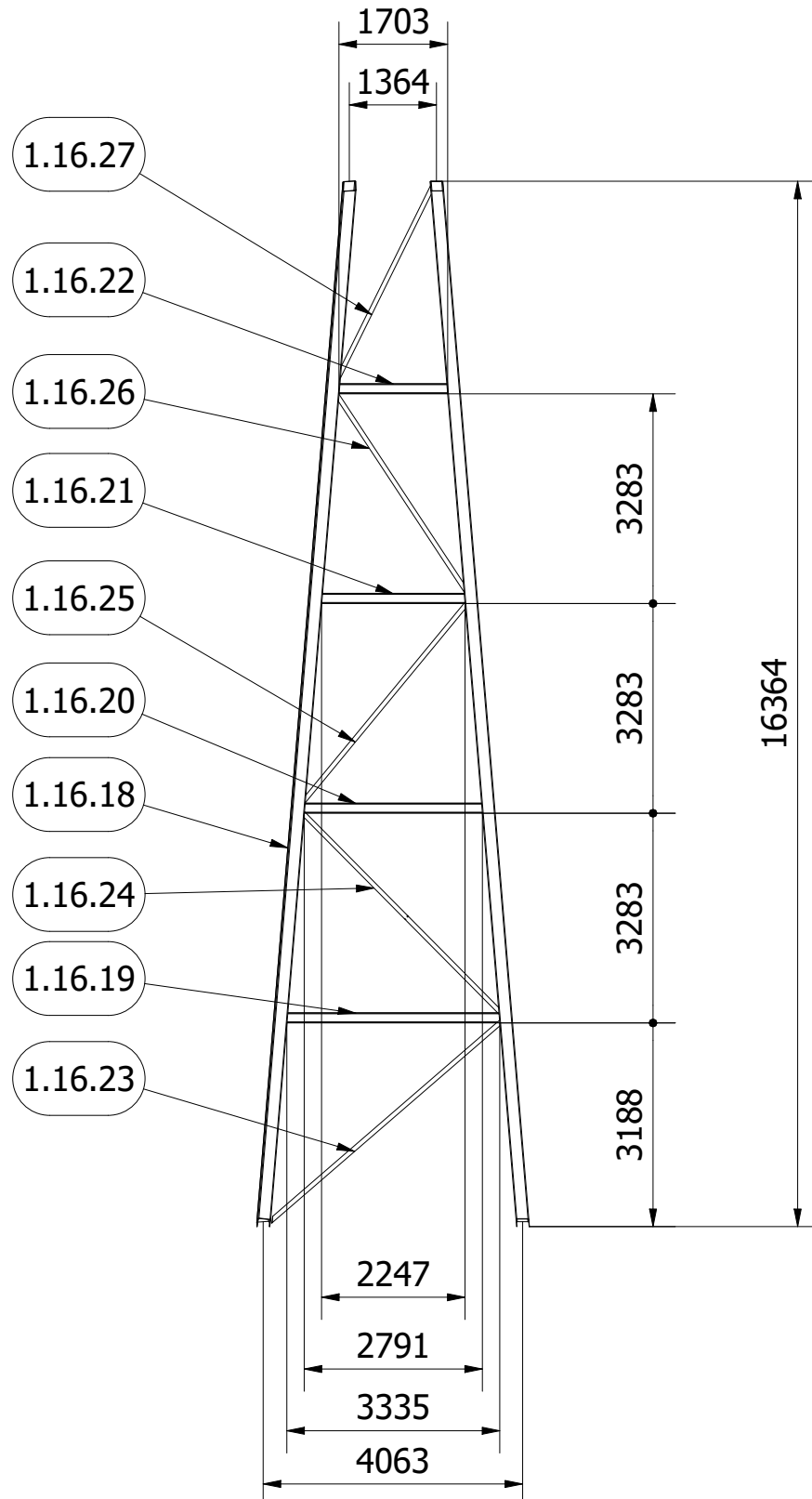


D (1 : 15)



	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	11/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 200	1.16	SOPORTE Y 1		2 / 5	
				Edición	
				1.1	

B - B (1 : 110)



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Fecha

Nombre

Dibujado

11/11/2020

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

Comprobado

10/12/2020

Alberto Díez Ibarbia

Escala

Nº de plano

Nombre del plano

Hoja

1 : 200

1.16

SOPORTE Y 1

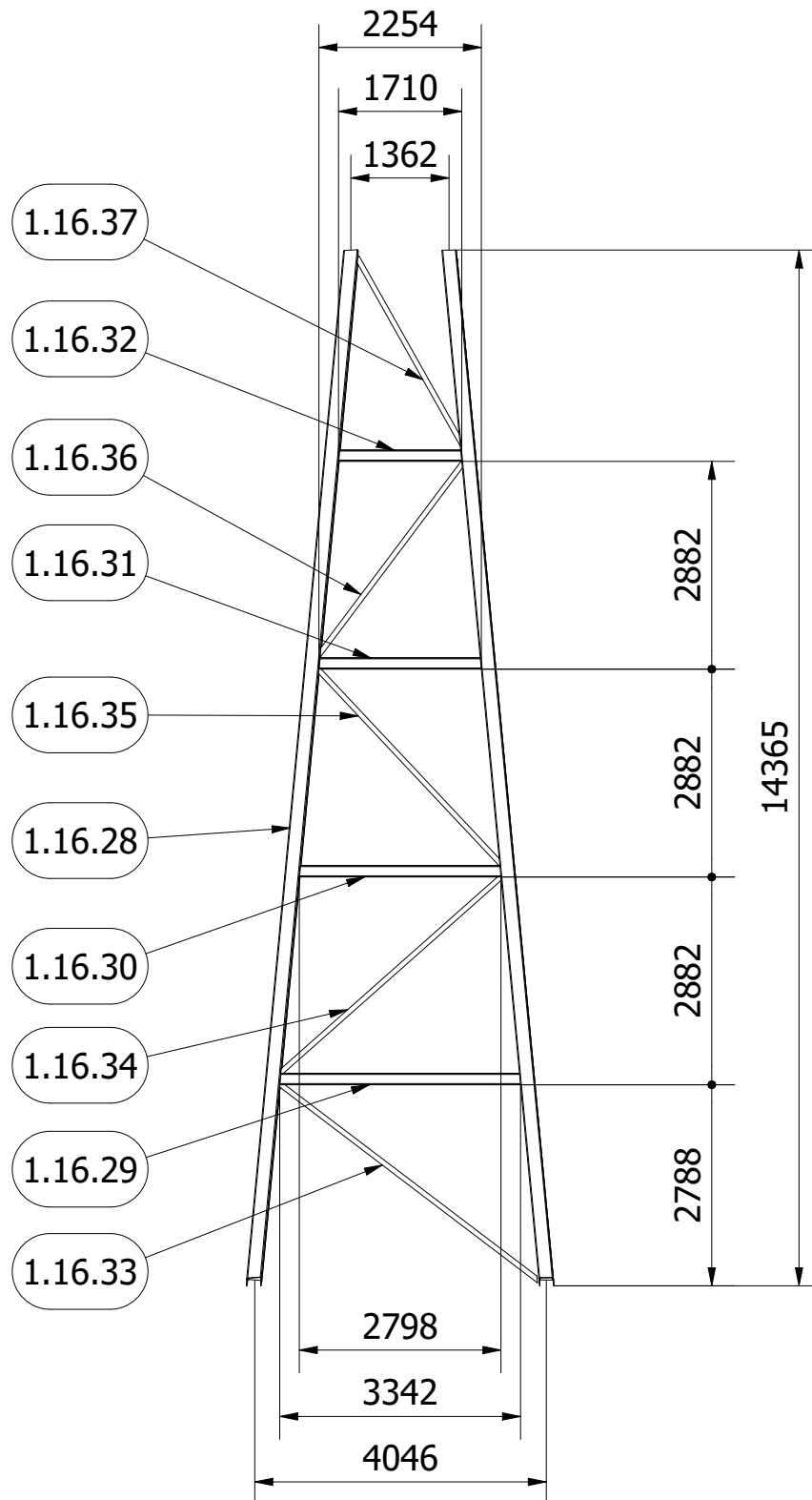
3 / 5


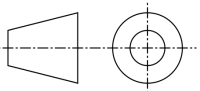
Edición

1.1


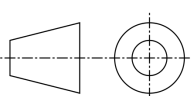


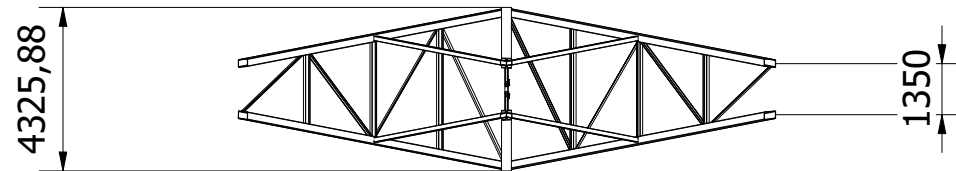
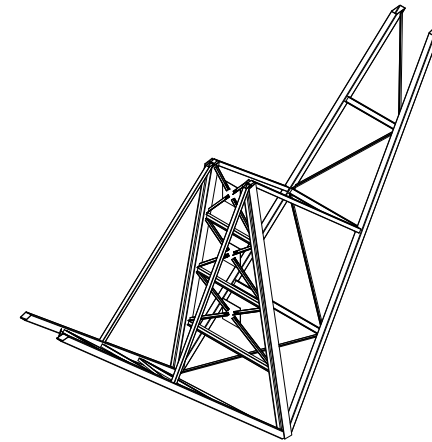
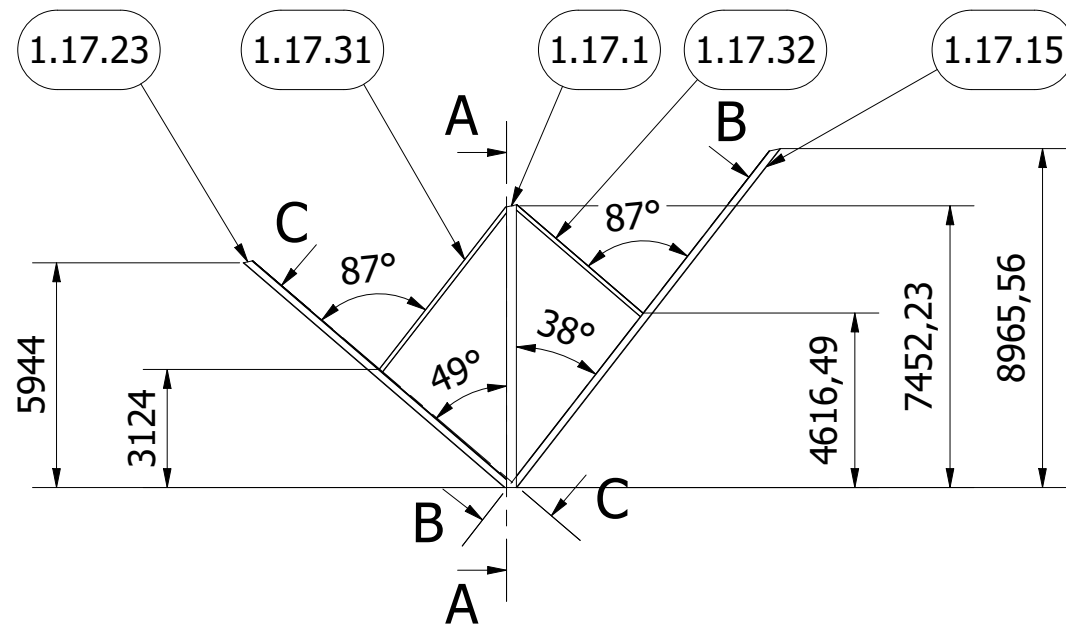
C - C (1 : 100)


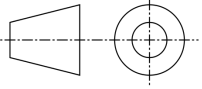


 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	11/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 200	1.16	SOPORTE Y 1			Edición	
					4 / 5	
					1.1	

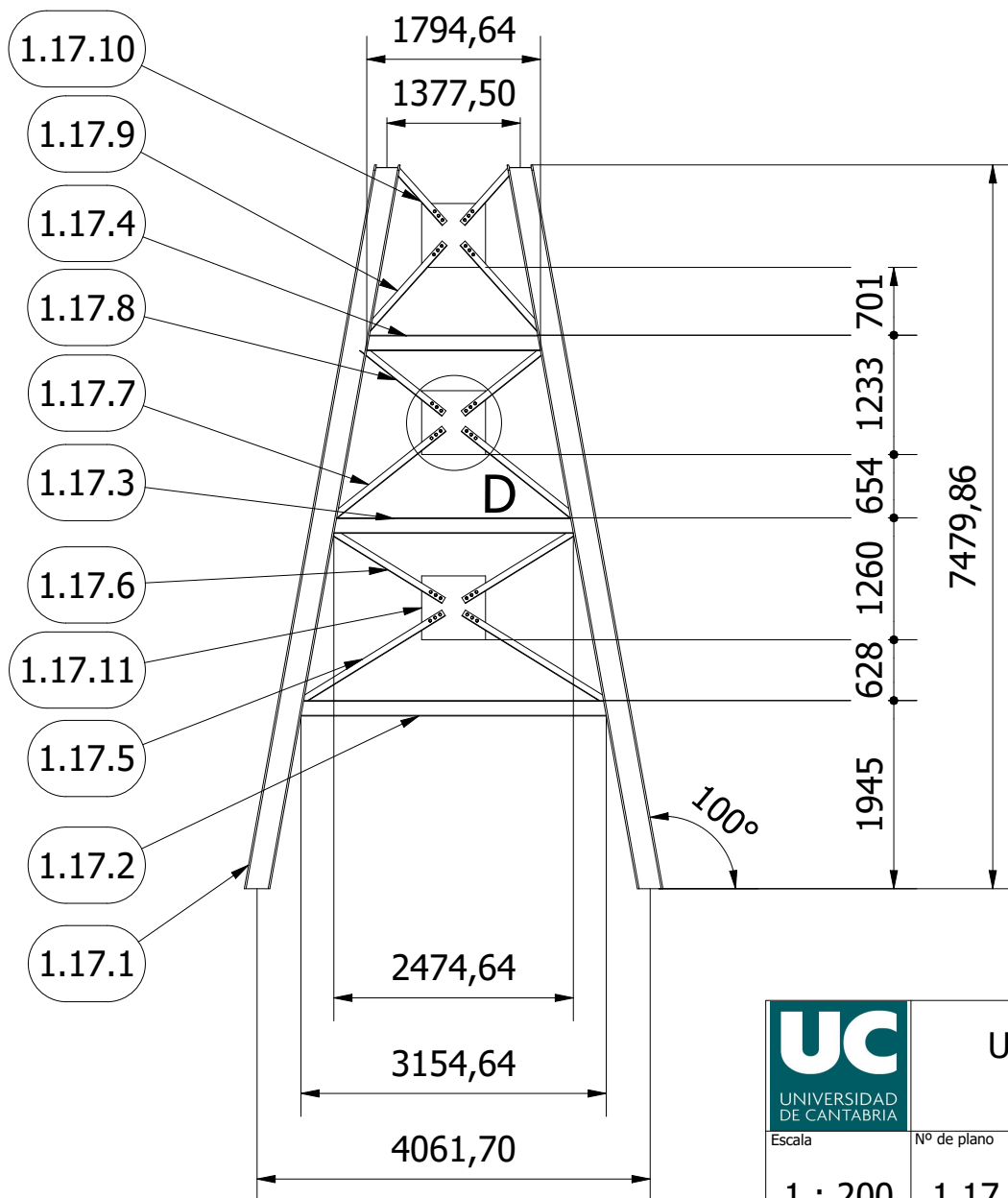
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.16.1	HEB 260	2	12076,17 mm	S275	1118,88 kg
1.16.2	IPE 160	2	3282,00 mm	S275	51,86 kg
1.16.3	IPE 160	1	2738,00 mm	S275	43,26 kg
1.16.4	IPE 160	1	2194,00 mm	S275	34,67 kg
1.16.5	IPE 160	1	1650,00 mm	S275	26,07 kg
1.16.6	CAE 80 x 5.5	2	1886,00 mm	S275	18,16 kg
1.16.7	CAE 80 x 5.5	2	1559,00 mm	S275	15,01 kg
1.16.8	CAE 80 x 5.5	2	1708,00 mm	S275	16,45 kg
1.16.9	CAE 80 x 5.5	2	1316,00 mm	S275	12,67 kg
1.16.10	CAE 80 x 5.5	2	1510,00 mm	S275	14,54 kg
1.16.11	CAE 80 x 5.5	2	1129,00 mm	S275	10,87 kg
1.16.12	CAE 80 x 5.5	2	1319,00 mm	S275	12,70 kg
1.16.13	CAE 80 x 5.5	2	867,00 mm	S275	8,35 kg
1.16.14	Cartela 660 x 660 x 10	4		Clase 10.9	34,19 kg
1.16.15	DIN 125 - 16	96		Clase 10.9	0,01 kg
1.16.16	DIN 933 - M16 x 40	48		Clase 10.9	0,10 kg
1.16.17	DIN 934 - M16	48		Clase 10.9	0,04 kg
1.16.18	TCAR 200x5	2	16284,00 mm	S275	651,36 kg
1.16.19	IPE 160	1	3335,00 mm	S275	52,69 kg
1.16.20	IPE 160	1	2791,00 mm	S275	44,10 kg
1.16.21	IPE 160	1	2247,00 mm	S275	35,50 kg
1.16.22	IPE 160	1	1703,00 mm	S275	26,91 kg
1.16.23	CAE 80 x 5.5	1	4865,00 mm	S275	46,85 kg
1.16.24	CAE 80 x 5.5	1	4304,00 mm	S275	41,45 kg
1.16.25	CAE 80 x 5.5	1	4257,00 mm	S275	40,99 kg
1.16.26	CAE 80 x 5.5	1	3933,00 mm	S275	37,87 kg
1.16.27	CAE 80 x 5.5	1	3409,00 mm	S275	32,83 kg
1.16.28	TCAR 200x5	2	14248,00 mm	S275	569,92 kg
1.16.29	IPE 160	1	3342,00 mm	S275	52,80 kg
1.16.30	IPE 160	1	2798,00 mm	S275	44,21 kg
1.16.31	IPE 160	1	2254,00 mm	S275	35,61 kg
1.16.32	IPE 160	1	1710,00 mm	S275	27,02 kg
1.16.33	CAE 80 x 5.5	1	4487,00 mm	S275	43,21 kg
1.16.34	CAE 80 x 5.5	1	4037,00 mm	S275	38,88 kg
1.16.35	CAE 80 x 5.5	1	3652,00 mm	S275	35,17 kg
1.16.36	CAE 80 x 5.5	1	3288,00 mm	S275	31,66 kg
1.16.37	CAE 80 x 5.5	1	2917,00 mm	S275	28,09 kg
1.16.38	TCAR 120x3.2	2	8846,00 mm	S275	124,73 kg
1.16.39	TCAR 120x3.2	2	7170,00 mm	S275	101,10 kg

 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Fecha	Nombre
			Dibujado	11/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 200	1.16	SOPORTE Y 1		Edición	
				5 / 5	
				1.1	

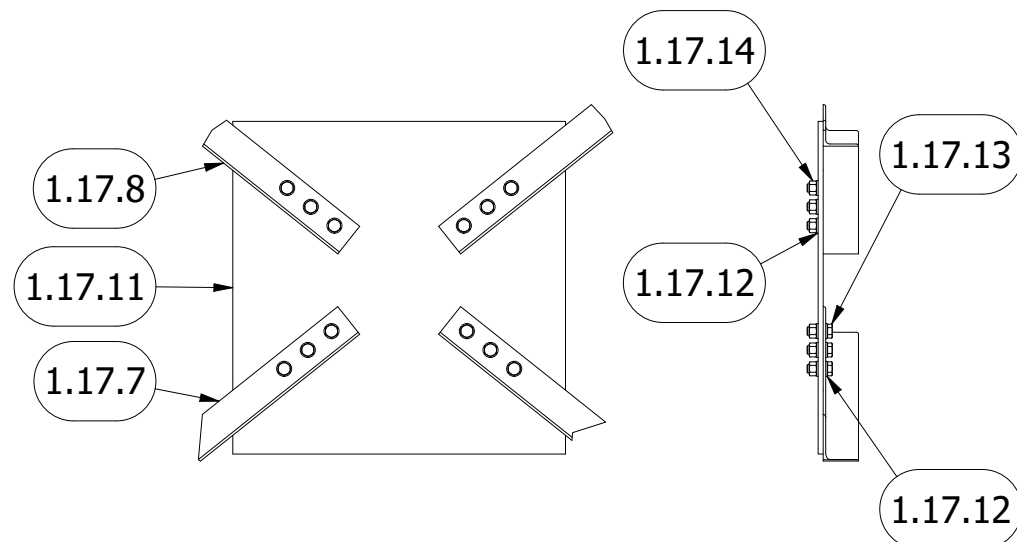



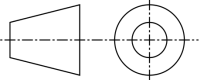
	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre
			Dibujado	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	
1 : 200	1.17	SOPORTE Y 2	1 / 5	
			Edición	
			1.0	
				

A - A (1 : 75)

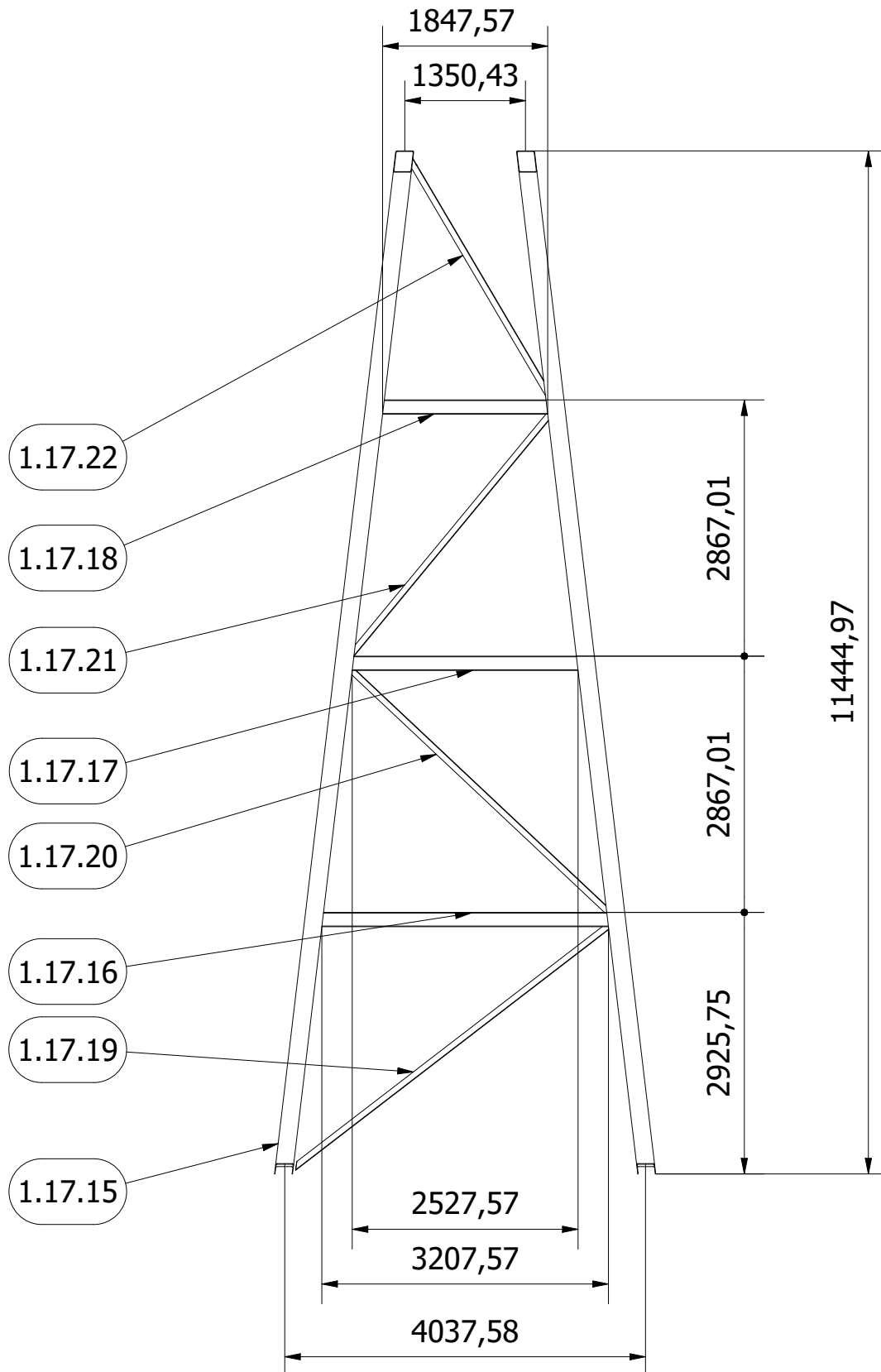


D (1 : 15)



	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	20/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 200	1.17	SOPORTE Y 2		2 / 5	
				Edición	
				1.0	

B - B (1 : 70)



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 200

Nº de plano

1.17

Nombre del plano

SOPORTE Y 2

Fecha

20/11/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

Comprobado

10/12/2020

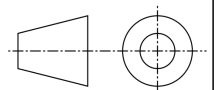
Alberto Díez Ibarbia

Hoja

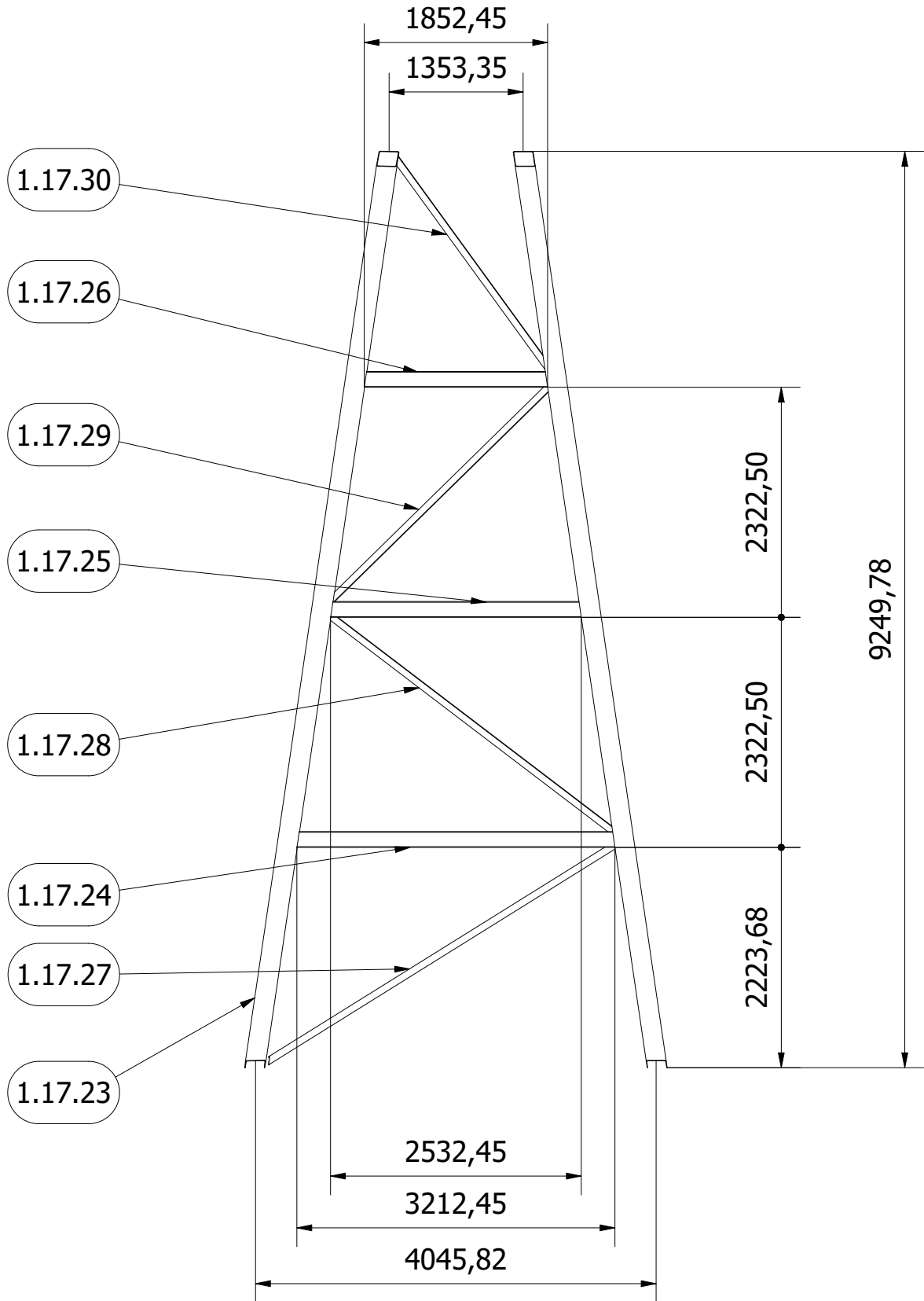
3 / 5

Edición

1.0



C - C (1 : 60)



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Fecha

Nombre

Dibujado

20/11/2020

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

Comprobado

10/12/2020

Alberto Díez Ibarbia

Escala

Nº de plano

Nombre del plano

Hoja

1 : 200

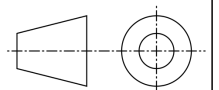
1.17

SOPORTE Y 2

4 / 5

Edición

1.0



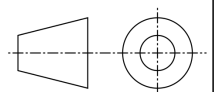
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.17.1	HEB 260	2	7545,00 mm	S275	706,23 kg
1.17.2	IPE 160	1	3154,64 mm	S275	49,84 kg
1.17.3	IPE 160	1	2474,64 mm	S275	39,10 kg
1.17.4	IPE 160	1	1794,64 mm	S275	28,36 kg
1.17.5	CAE 80x5.5	2	1670,00 mm	S275	16,08 kg
1.17.6	CAE 80x5.5	2	1320,00 mm	S275	12,71 kg
1.17.7	CAE 80x5.5	2	1433,00 mm	S275	13,80 kg
1.17.8	CAE 80x5.5	2	1085,00 mm	S275	10,45 kg
1.17.9	CAE 80x5.5	2	1192,00 mm	S275	11,48 kg
1.17.10	CAE 80x5.5	2	736,00 mm	S275	7,09 kg
1.17.11	Cartela 600 x 600 x 10	3		S275	34,19 kg
1.17.12	DIN 125 - 16	72		Clase 10.9	0,01 kg
1.17.13	DIN 933 - M16 x 40	36		Clase 10.9	0,10 kg
1.17.14	DIN 934 - M16	36		Clase 10.9	0,04 kg
1.17.15	TCAR 200x5	2	11210,00 mm	S275	448,40 kg
1.17.16	IPE 160	1	3210,00 mm	S275	50,72 kg
1.17.17	IPE 160	1	2530,00 mm	S275	39,97 kg
1.17.18	IPE 160	1	1850,00 mm	S275	29,23 kg
1.17.19	CAE 80x5.5	1	4415,00 mm	S275	42,52 kg
1.17.20	CAE 80x5.5	1	3882,00 mm	S275	37,38 kg
1.17.21	CAE 80x5.5	1	3520,00 mm	S275	33,90 kg
1.17.22	CAE 80x5.5	1	2950,00 mm	S275	28,41 kg
1.17.23	TCAR 200x5	2	9150,00 mm	S275	366,00 kg
1.17.24	IPE 160	1	3215,00 mm	S275	50,80 kg
1.17.25	IPE 160	1	2535,00 mm	S275	40,05 kg
1.17.26	IPE 160	1	1855,00 mm	S275	29,31 kg
1.17.27	CAE 80x5.5	1	4125,00 mm	S275	39,72 kg
1.17.28	CAE 80x5.5	1	3525,00 mm	S275	33,95 kg
1.17.29	CAE 80x5.5	1	3020,00 mm	S275	29,08 kg
1.17.30	CAE 80x5.5	1	2545,00 mm	S275	24,51 kg
1.17.31	TCAR 120x3.2	2	5455,00 mm	S275	76,92 kg
1.17.32	TCAR 120x3.2	2	4410,00 mm	S275	62,18 kg

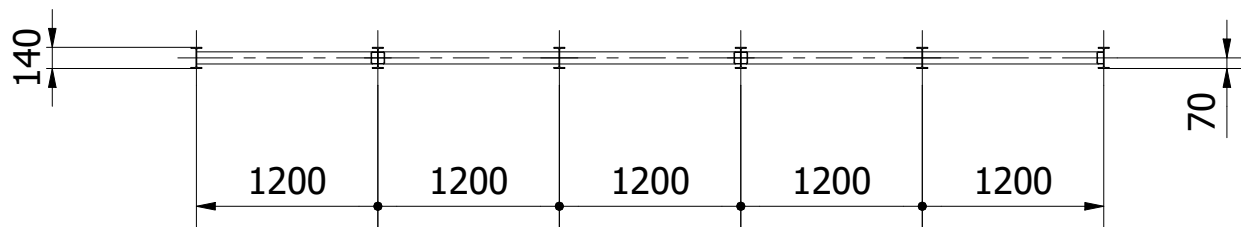
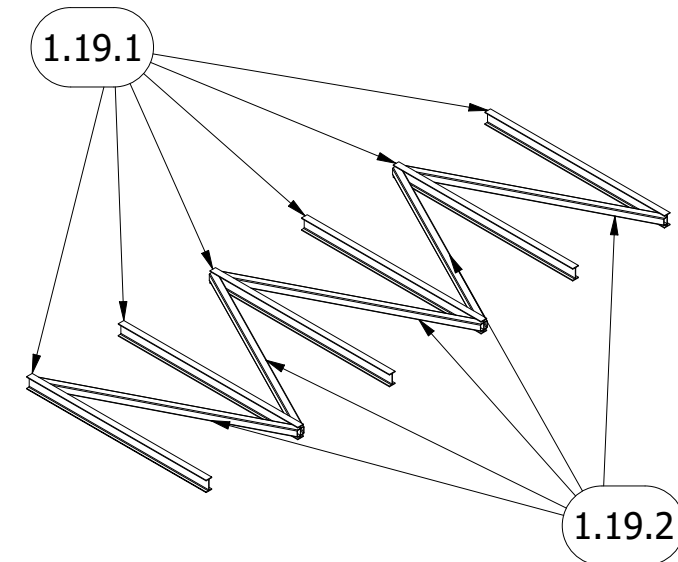
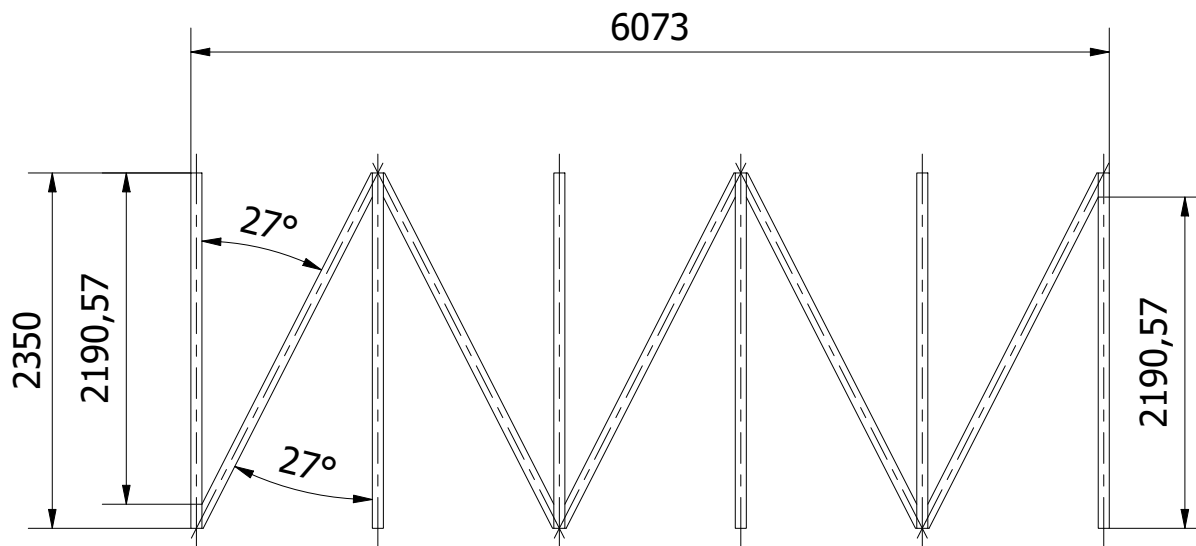


UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA


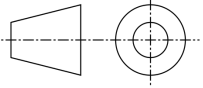
	Fecha	Nombre
Dibujado	20/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

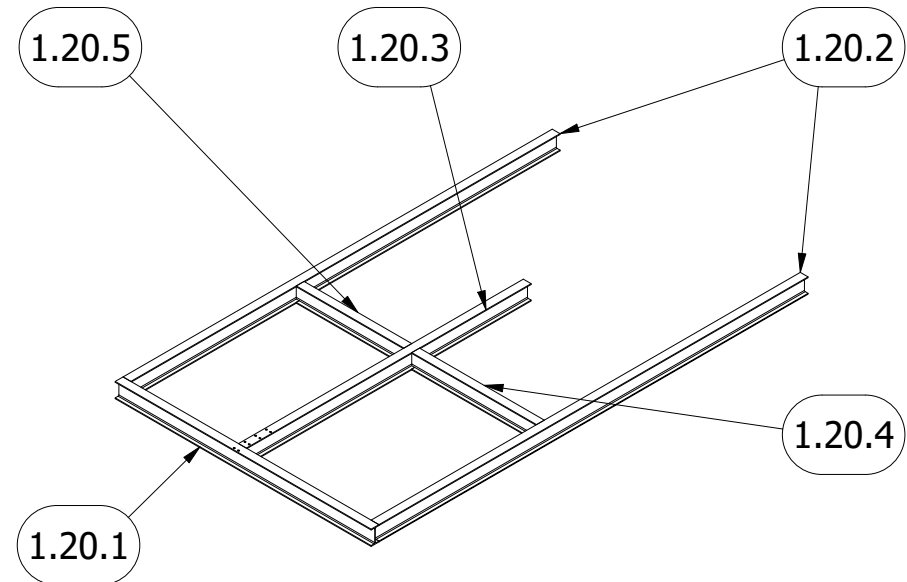
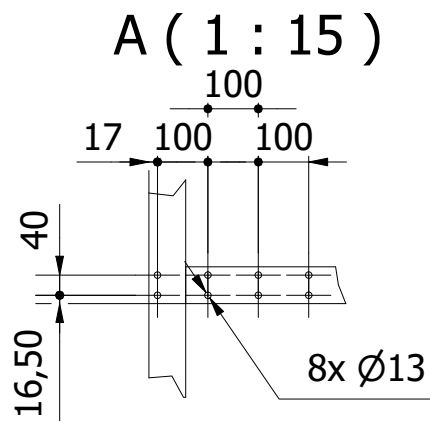
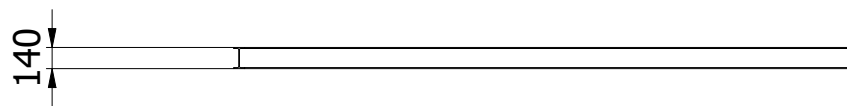
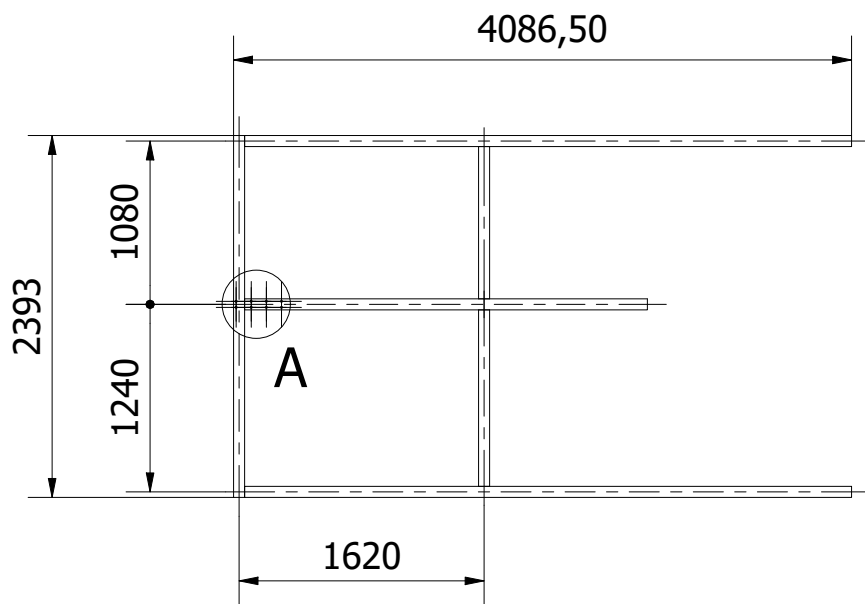
Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	
	1.17	SOPORTE Y 2	5 / 5	
			Edición	
			1.0	




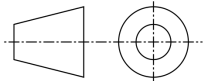


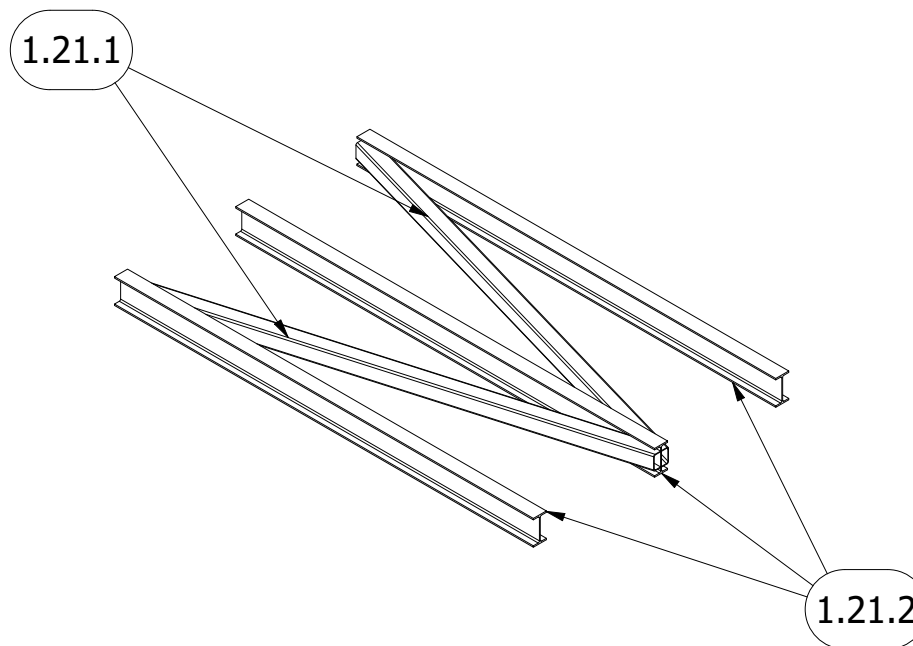
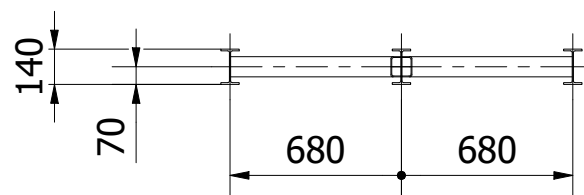
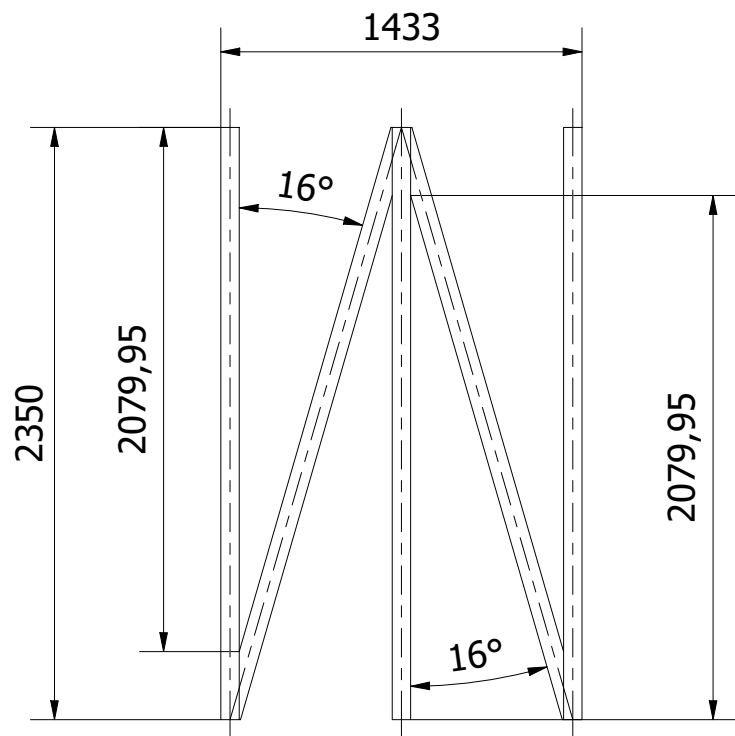
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.19.1	IPE 140	6	2350 mm	S275	30,30 kg
1.19.2	TCAR 80x3.2	5	2637 mm	S275	19,78 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	13/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 50	1.19	BASE DE PASARELA 1			Edición	
					1.2	


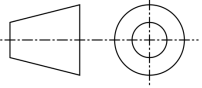


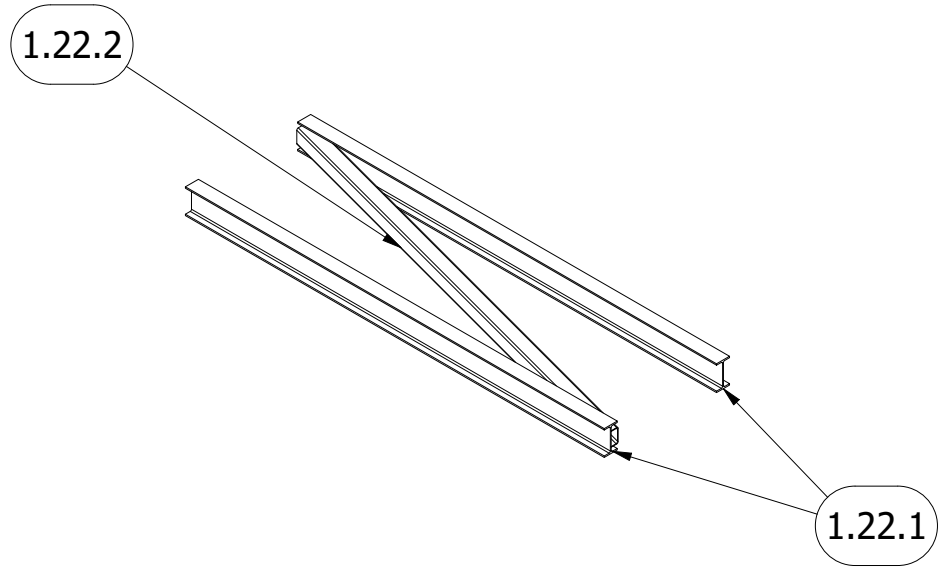
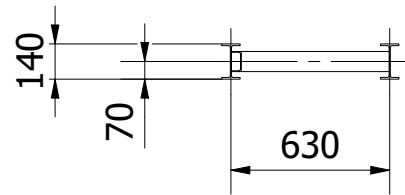
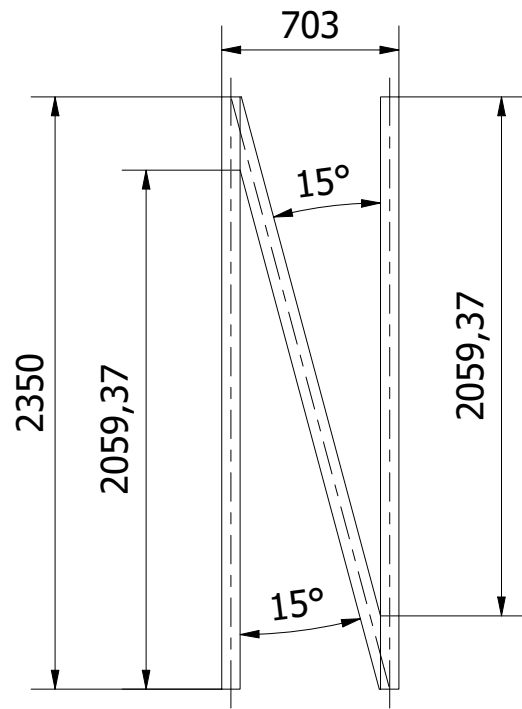
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.20.1	IPE 140	1	2393,00 mm	S275	30,87 kg
1.20.2	IPE 140	2	4013,50 mm	S275	51,78 kg
1.20.3	IPE 140	1	2663,50 mm	S275	34,37 kg
1.20.4	IPE 140	1	1167,00 mm	S275	15,05 kg
1.20.5	IPE 140	1	1007,00 mm	S275	12,99 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	13/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 50	1.20	BASE DE PASARELA 3			Edición	
					1 / 1 1.2	


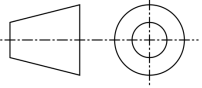


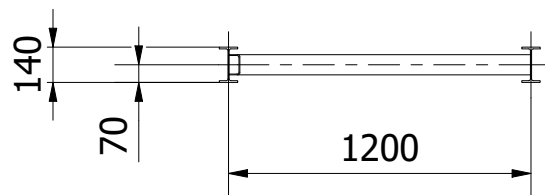
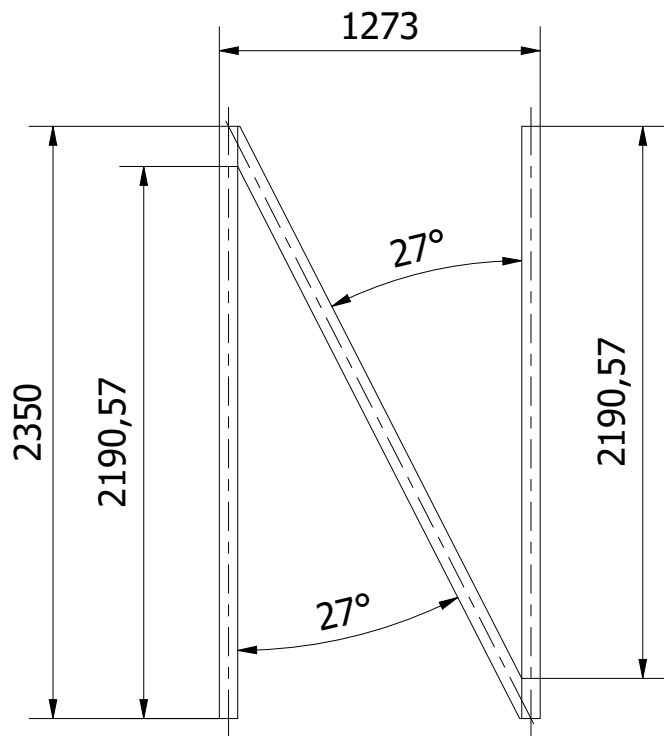
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.21.1	TCAR 80x3.2	2	2445 mm	S275	17,98 kg
1.21.2	IPE 140	3	2350 mm	S275	30,30 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	13/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 30	1.21	BASE DE PASARELA 2			Edición	
					1 / 1	
					1.2	

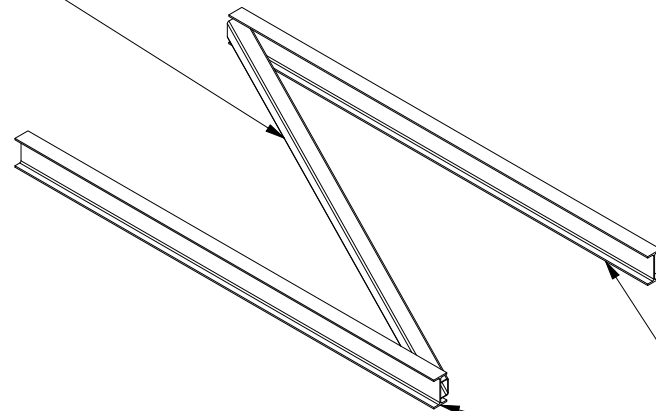


LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.22.1	IPE 140	2	2350,00 mm	S275	30,30 kg
1.22.2	TCAR 80x3.2	1	2431,77 mm	S275	17,82 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	13/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 30	1.22	BASE DE PASARELA 6			Edición	
					1.2	



1.23.1



1.23.2

LISTA DE PIEZAS

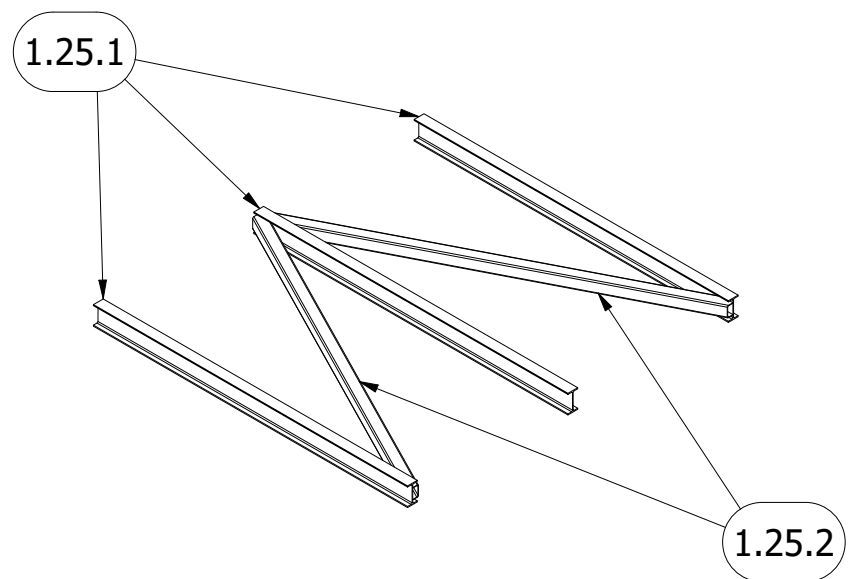
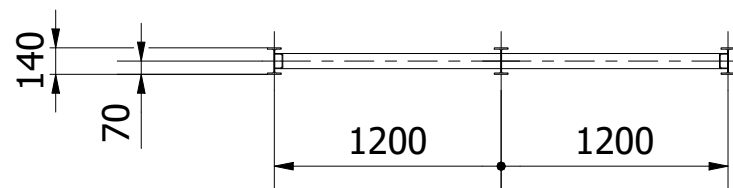
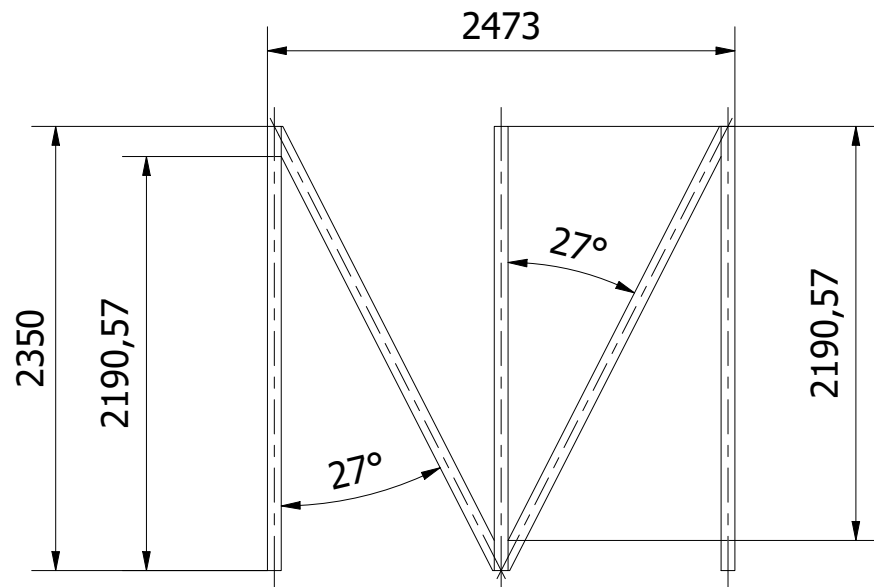
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.23.1	TCAR 80x3.2	1	2636,52 mm	S275	19,78 kg
1.23.2	IPE 140	2	2350,00 mm	S275	30,30 kg




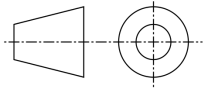
UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

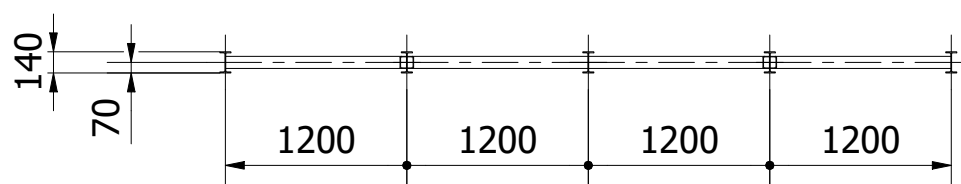
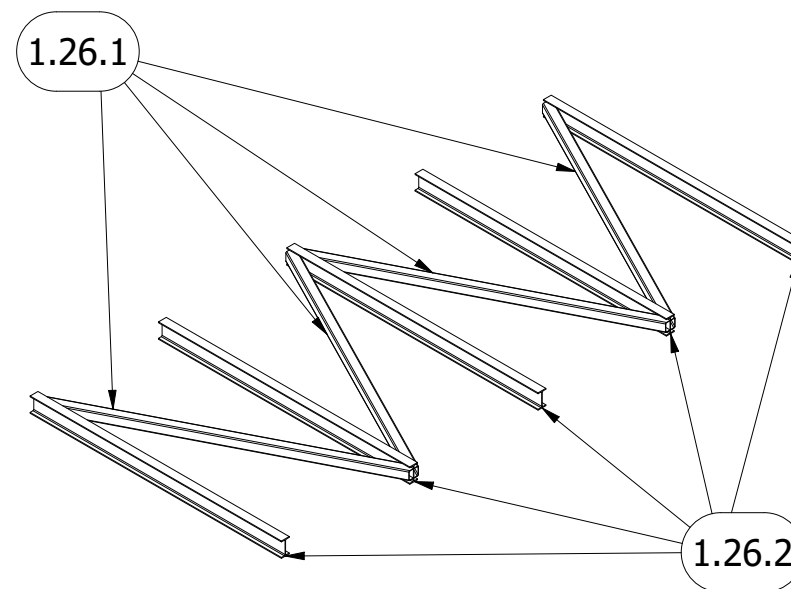
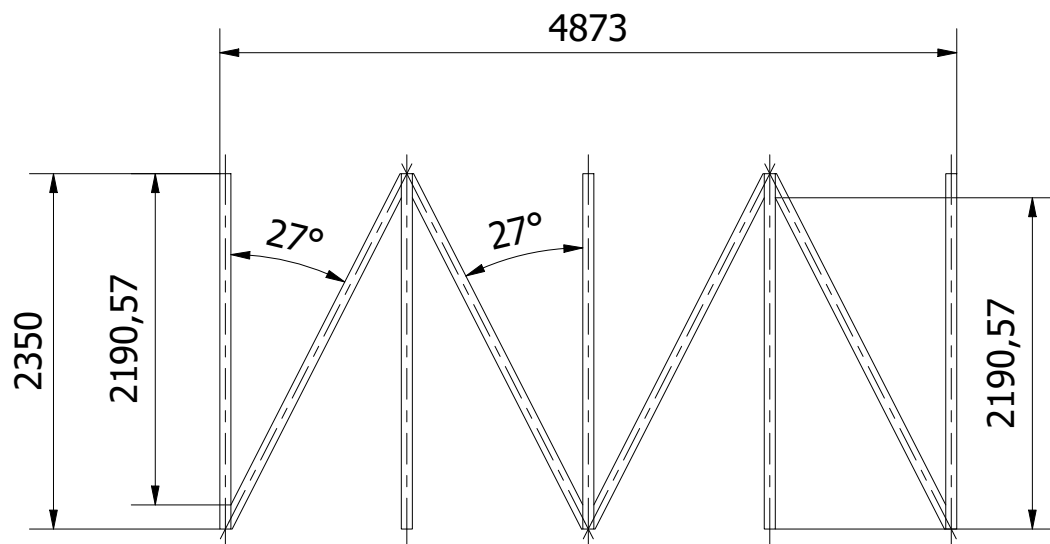
	Fecha	Nombre
Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 30	1.23	BASE DE PASARELA 7	1 / 1	1.1	


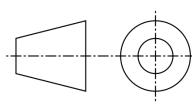


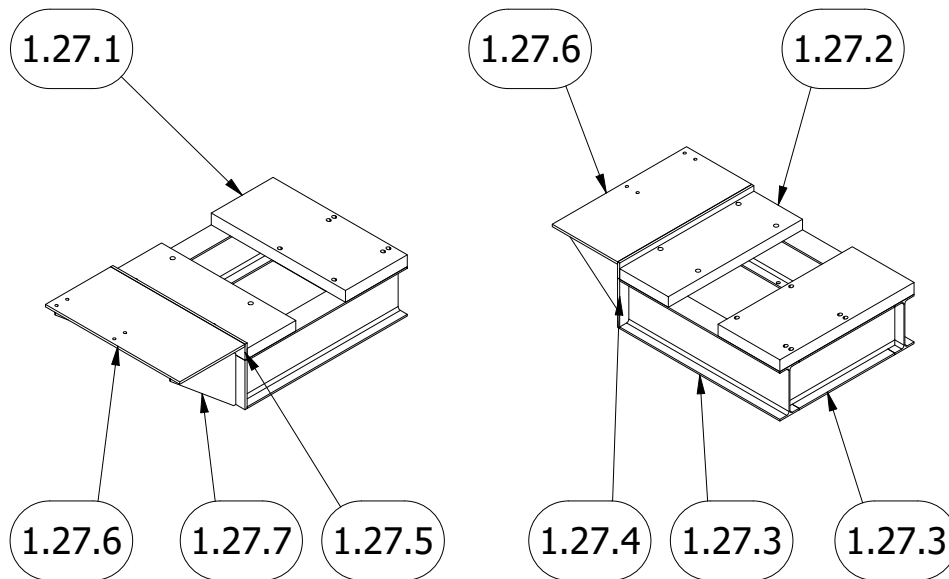
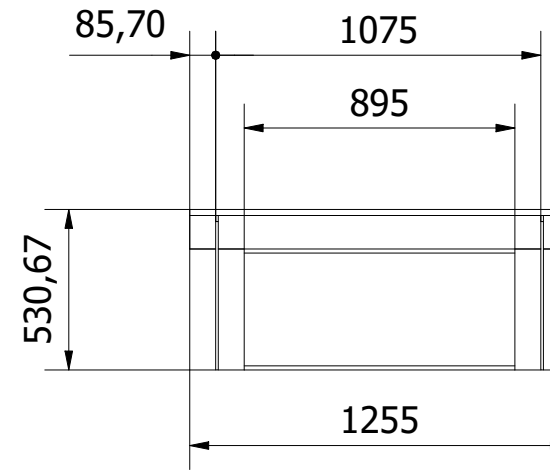
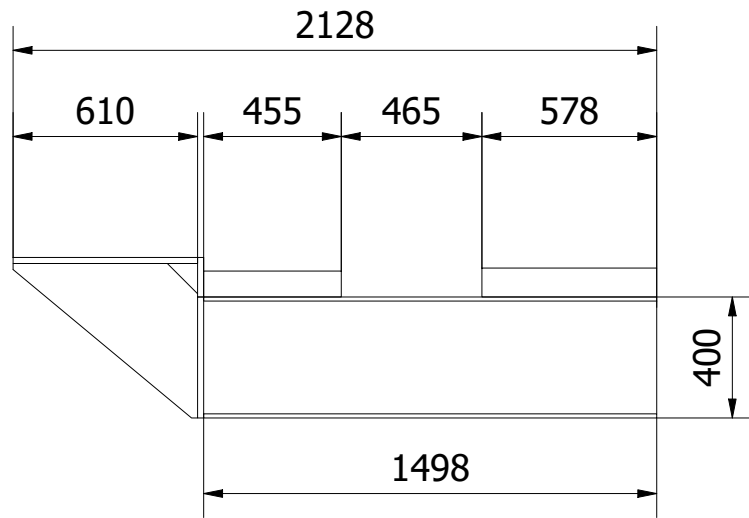
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.25.1	IPE 140	3	2350,00 mm	S275	30,30 kg
1.25.2	TCAR 80x3.2	2	2636,52 mm	S275	19,78 kg

 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Fecha	Nombre
			Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja		
1 : 40	1.25	BASE DE PASARELA 9	Edición 1.1		



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.26.1	TCAR 80x3.2	4	2636,52 mm	S275	19,78 kg
1.26.2	IPE 140	5	2350,00 mm	S275	30,30 kg

 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Fecha	Nombre
			Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 50	1.26	BASE DE PASARELA 10		Edición	
				1 / 1	
				1.1	



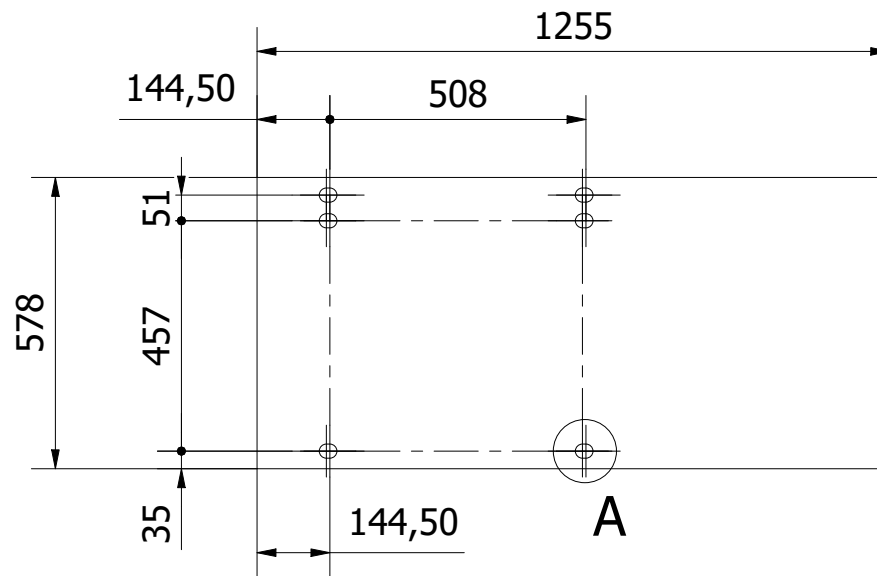
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.27.1	PLACA MOTOR	1		S275	541,12 kg
1.27.2	PLACA REDUCTOR	1		S275	381,43 kg
1.27.3	IPE 400	2	1498,00 mm	S275	262,45 kg
1.27.4	CHAPA FRONTAL 1	2		S275	11,13 kg
1.27.5	CHAPA FRONTAL 2	1		S275	25,35 kg
1.27.6	CHAPA FRENO	1		S275	118,12 kg
1.27.7	ESCUADRA	2		S275	10,75 kg
1.27.8	IPE 400	1	895,00 mm	S275	11,55 kg



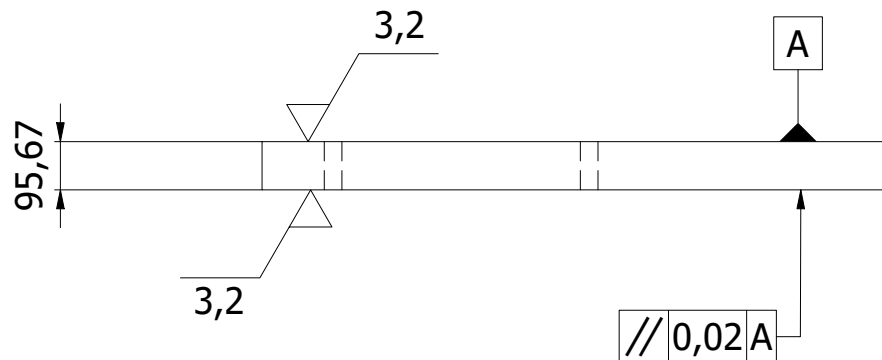
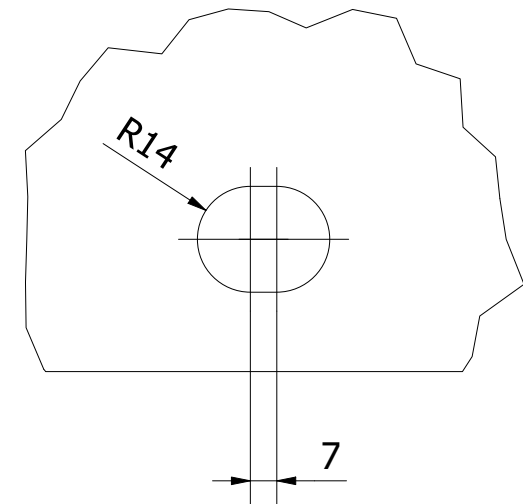
UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 25	1.27	BANCADA DEL MOTOR	1 / 1	1.1	



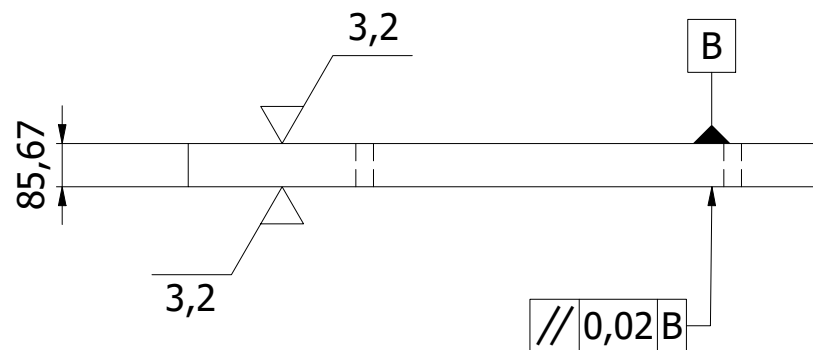
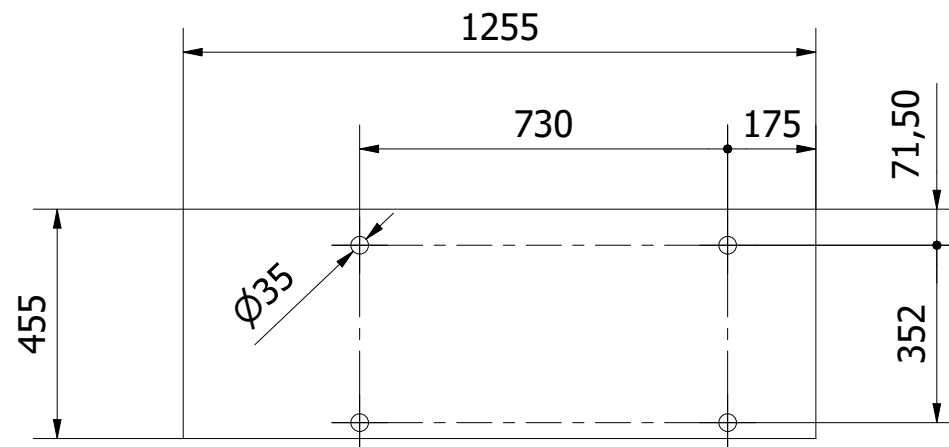
A (1 : 2)




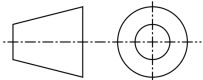
// 0,02 A

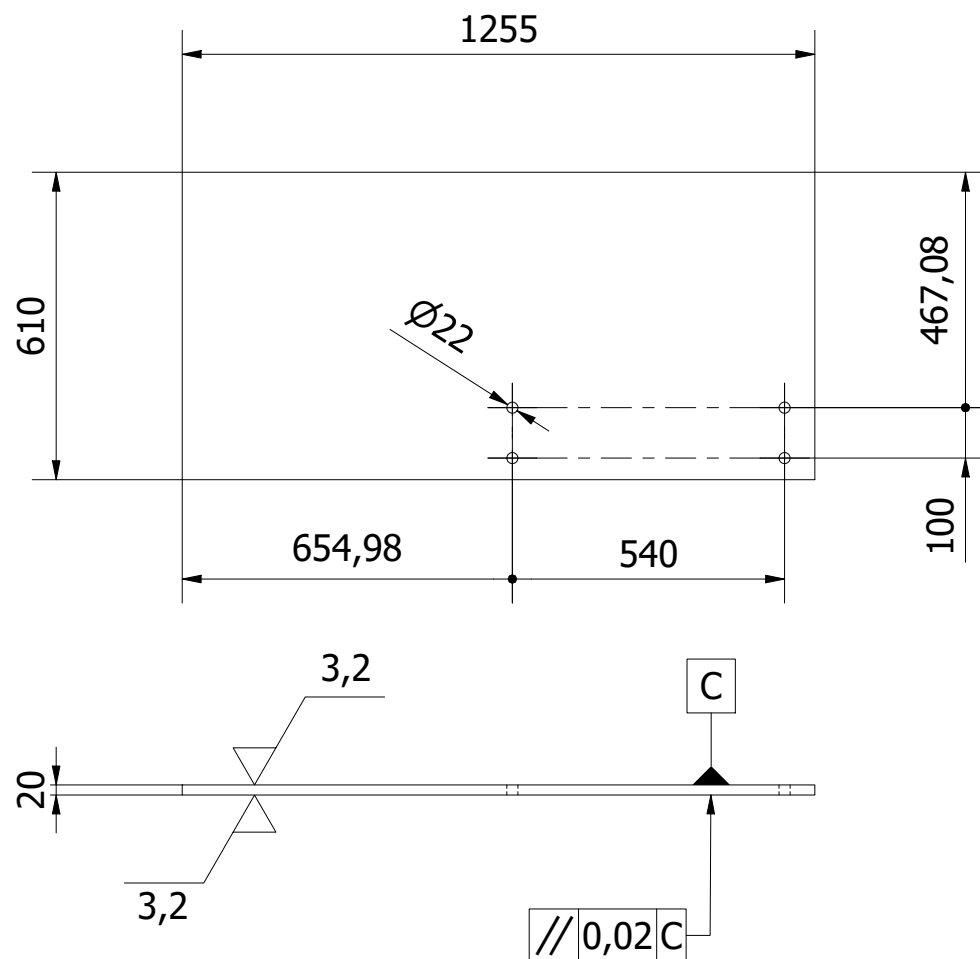
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.27.1	Plancha motor	1	S275	541.117 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre
			Dibujado	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja
1 : 15	1.27.1	PLACA DEL MOTOR		1 / 1
			Edición	1.1
				


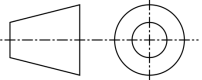


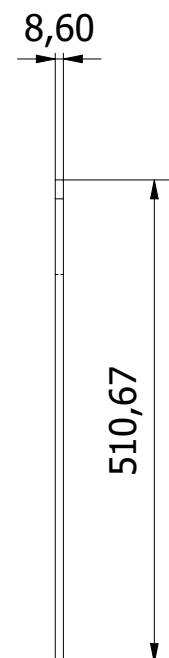
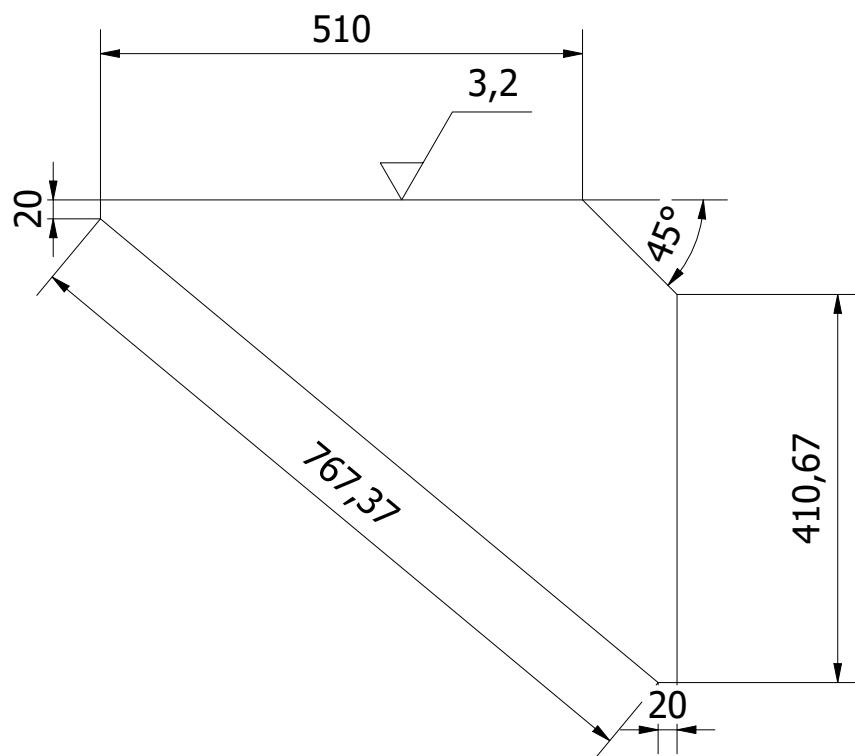
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.27.2	Plancha reductor	1	S275	381,432 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	18/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 15	1.27.2	PLANCHA DEL REDUCTOR			Edición	
					1.1	


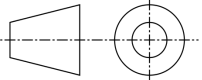


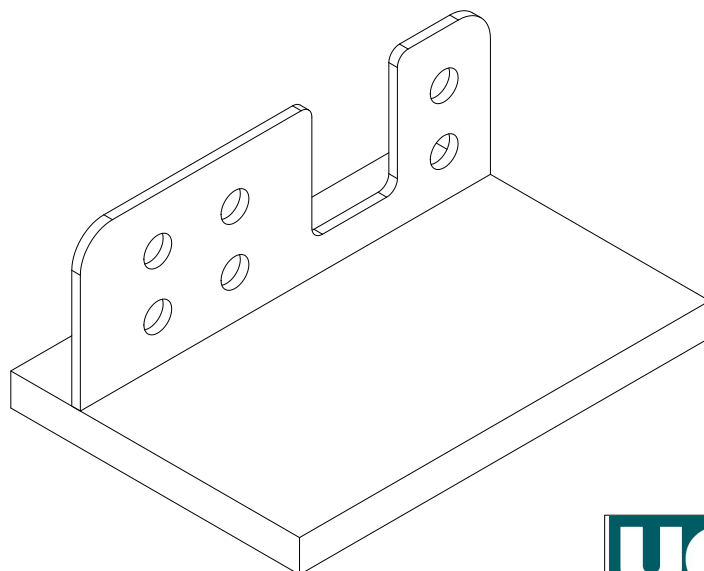
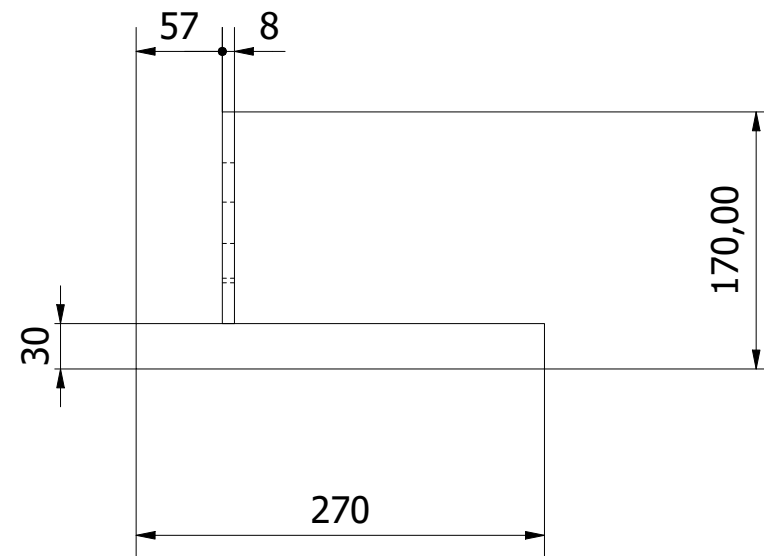
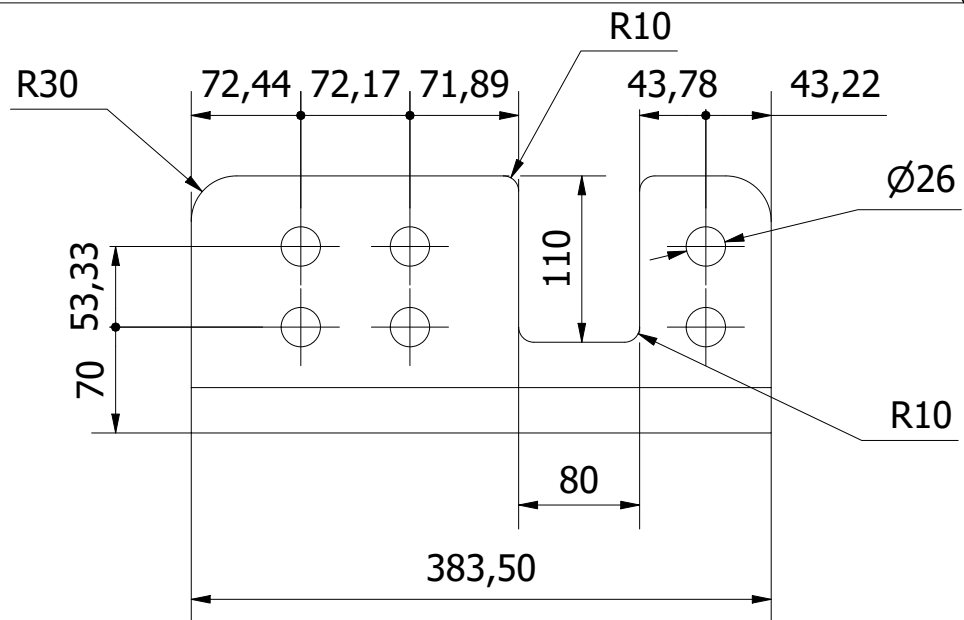
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.27.6	Placa soporte freno	1	S275	118,119 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	18/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 15	1.27.6	CHAPA DEL FRENO		Edición	
				1.1	


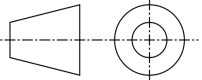


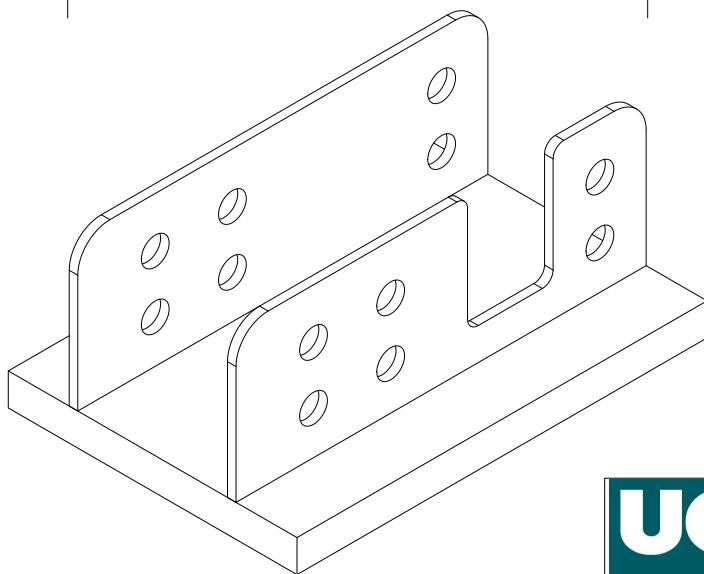
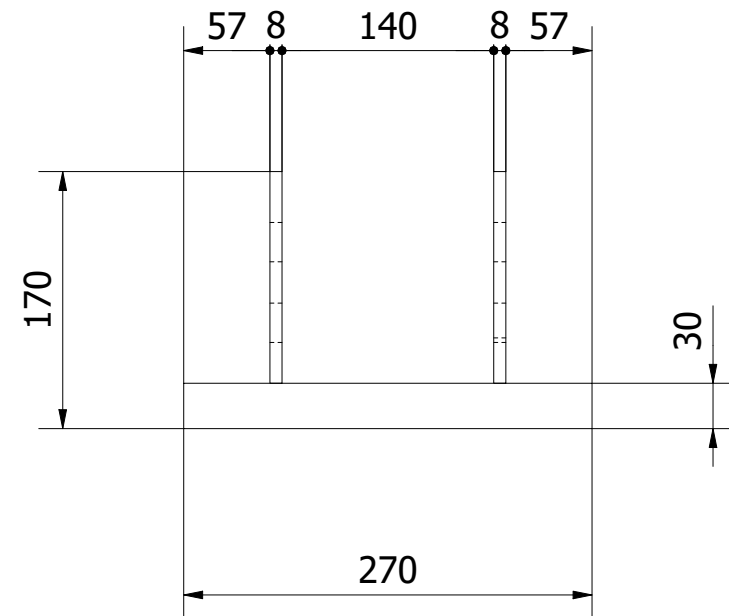
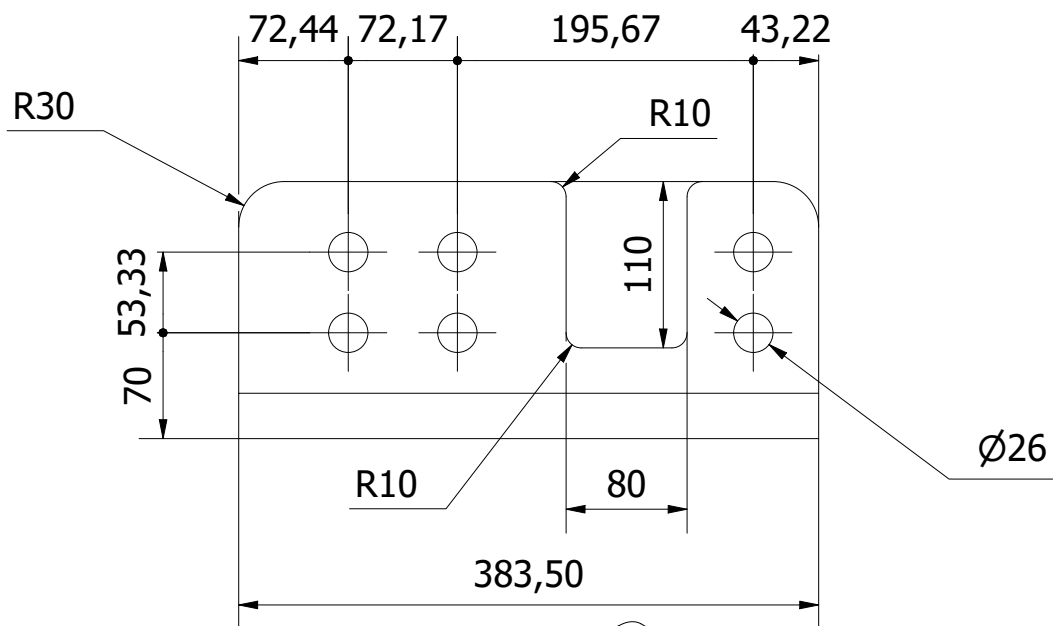
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.27.7	Escuadra	2	S275	10,754 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	18/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 8	1.27.7	ESCUADRA			Edición	
					1.1	


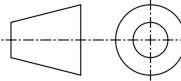


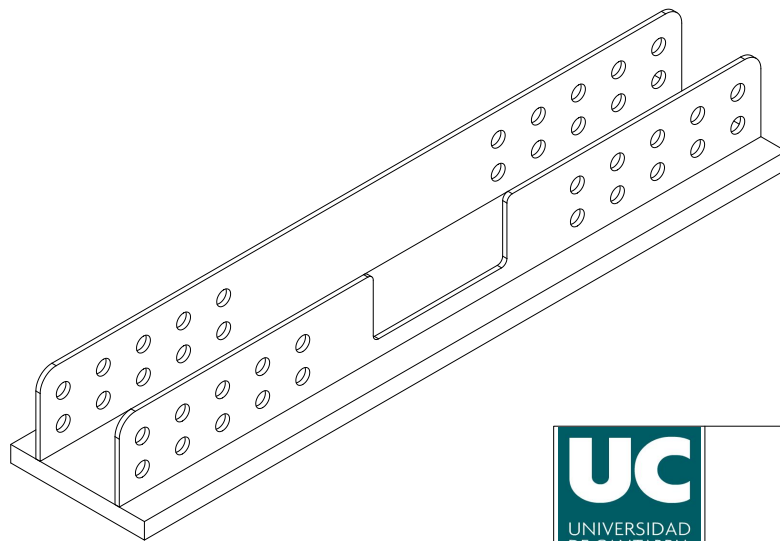
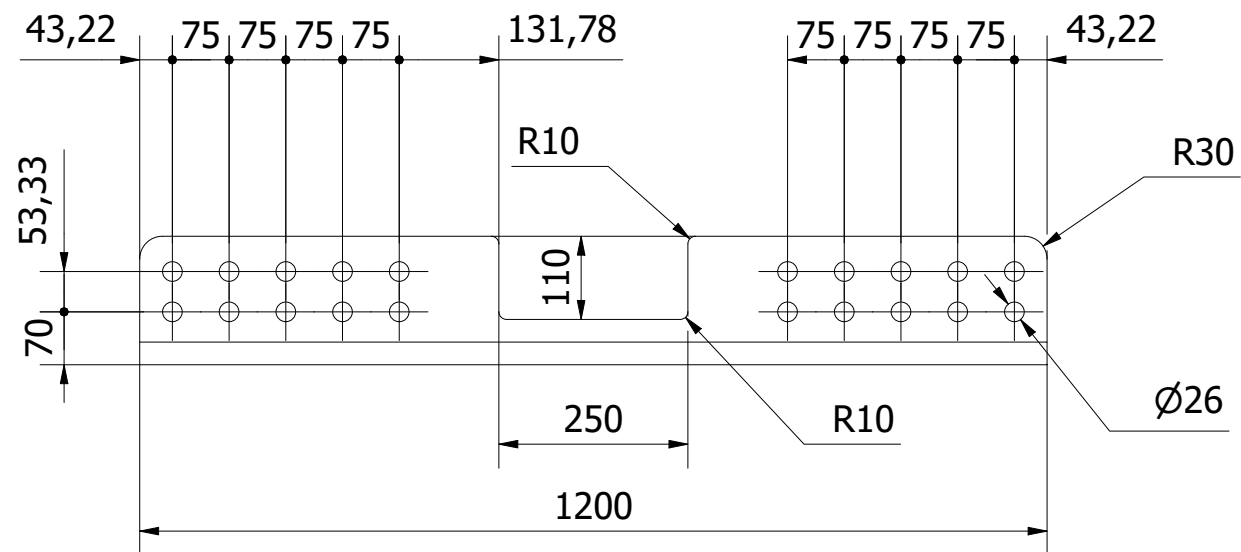
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.28	Grapa 2	1	S275	26,980 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 5	1.28	GRAPA 2		Edición	
				1 / 1	
				1.1	


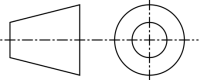


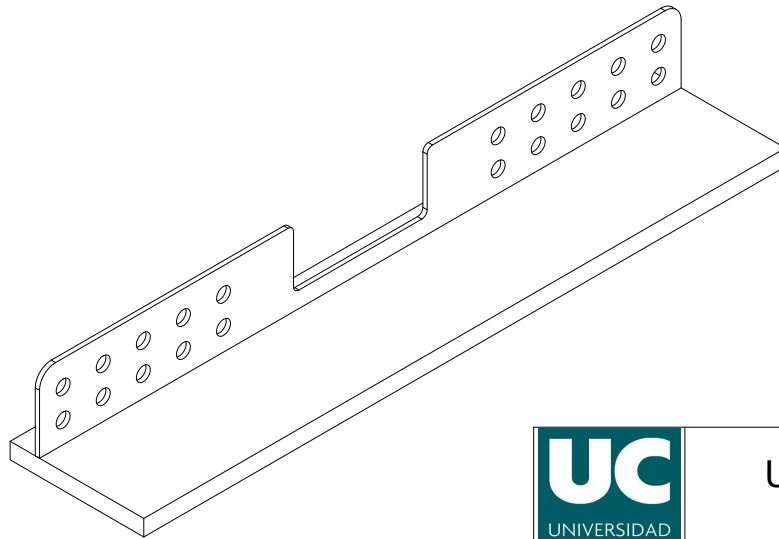
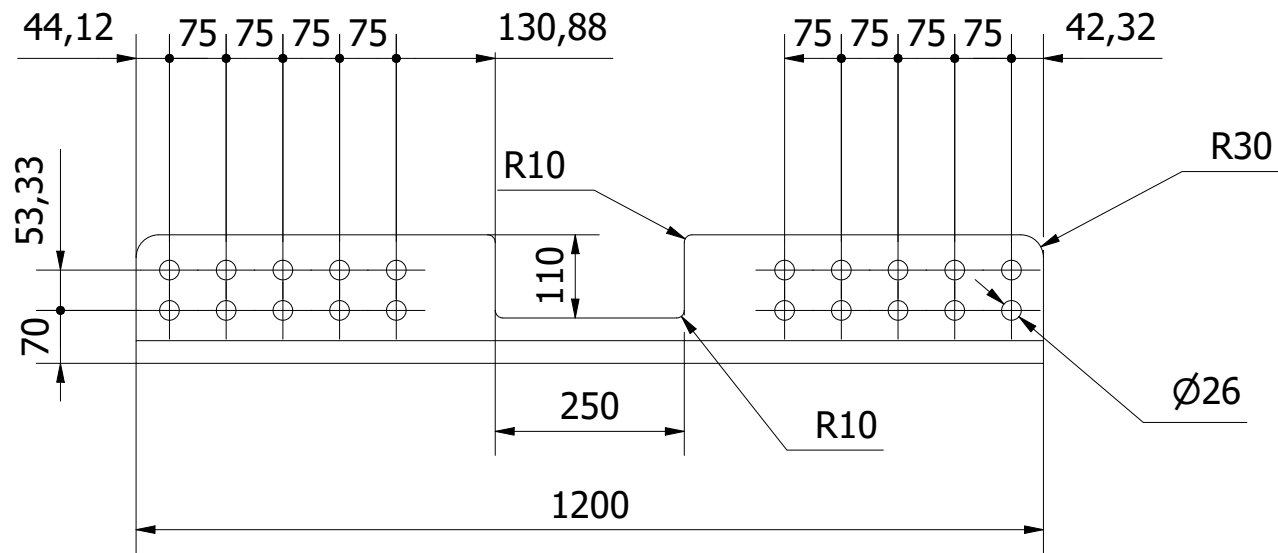
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.29	Grapa 1	1	S275	30,127 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre
			Dibujado	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	
1 : 5	1.29	GRAPA 1	1 / 1	
			Edición	
			1.1	
				


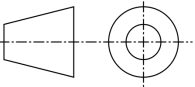


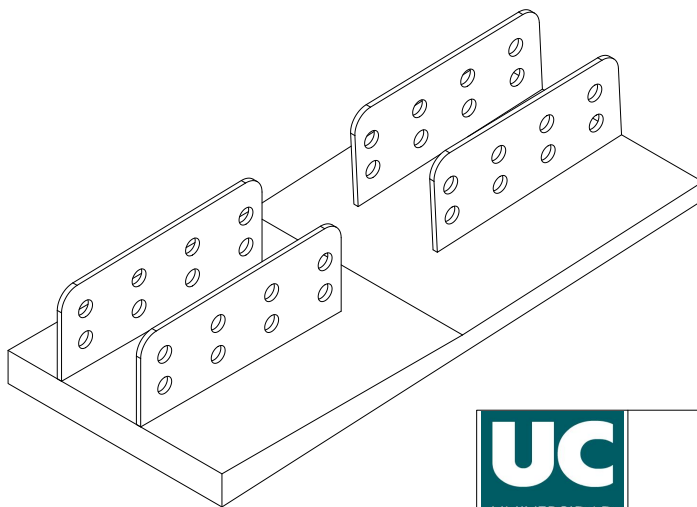
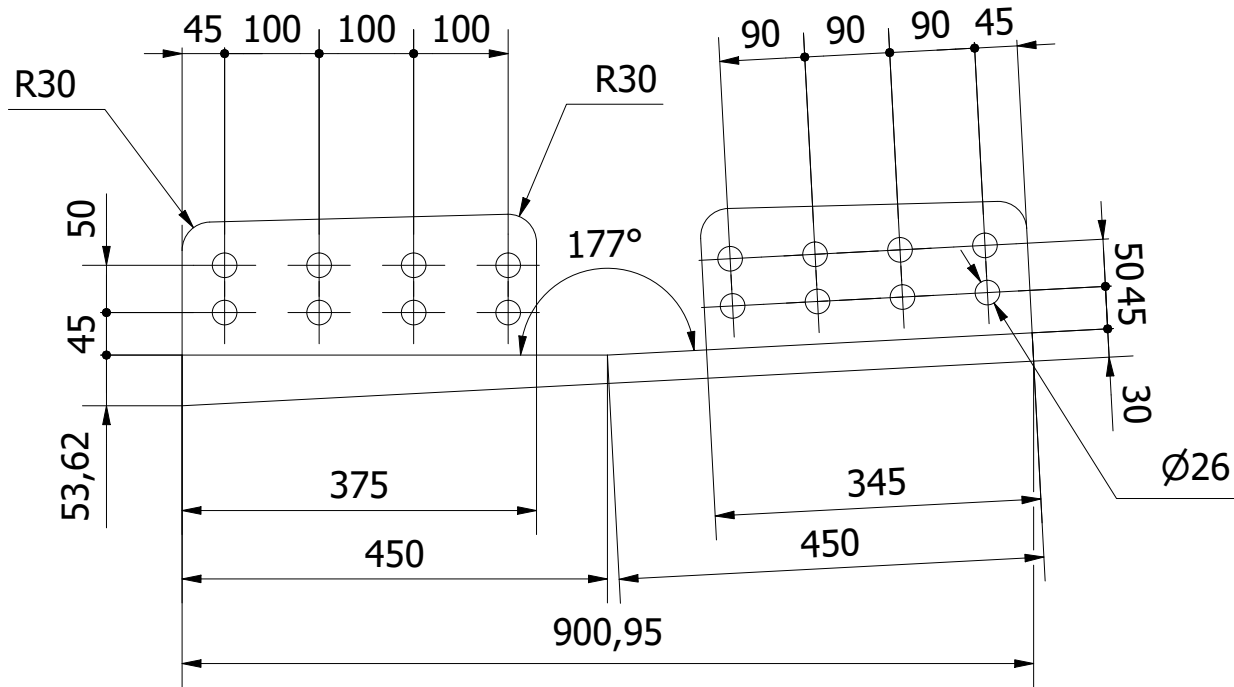
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.33	Grapa 3	6	S275	87,287 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 10	1.33	GRAPA 3		Edición	
				1 / 1	
				1.1	



ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.34	Grapa 4	6	S275	78,782 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 10	1.34	GRAPA 4			Edición	
					1 / 1	
					1.1	



ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.36	Grapa 5	2	S275	113,497 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 8

Nº de plano

1.36

Nombre del plano

GRAPA 5

Dibujado

Fecha

15/11/2020

Comprobado

10/12/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

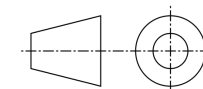
Alberto Díez Ibarbia

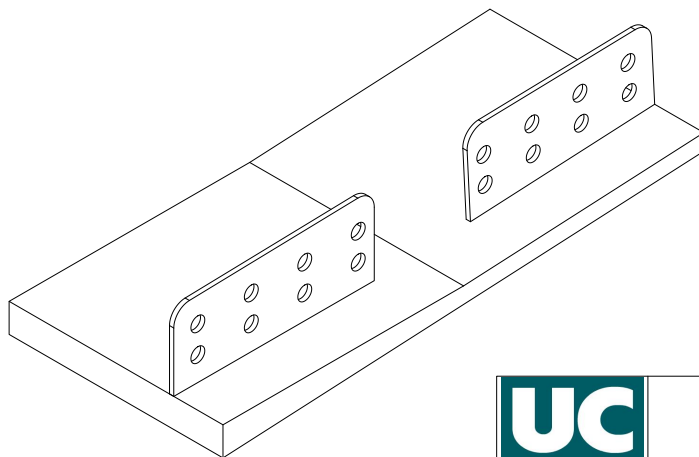
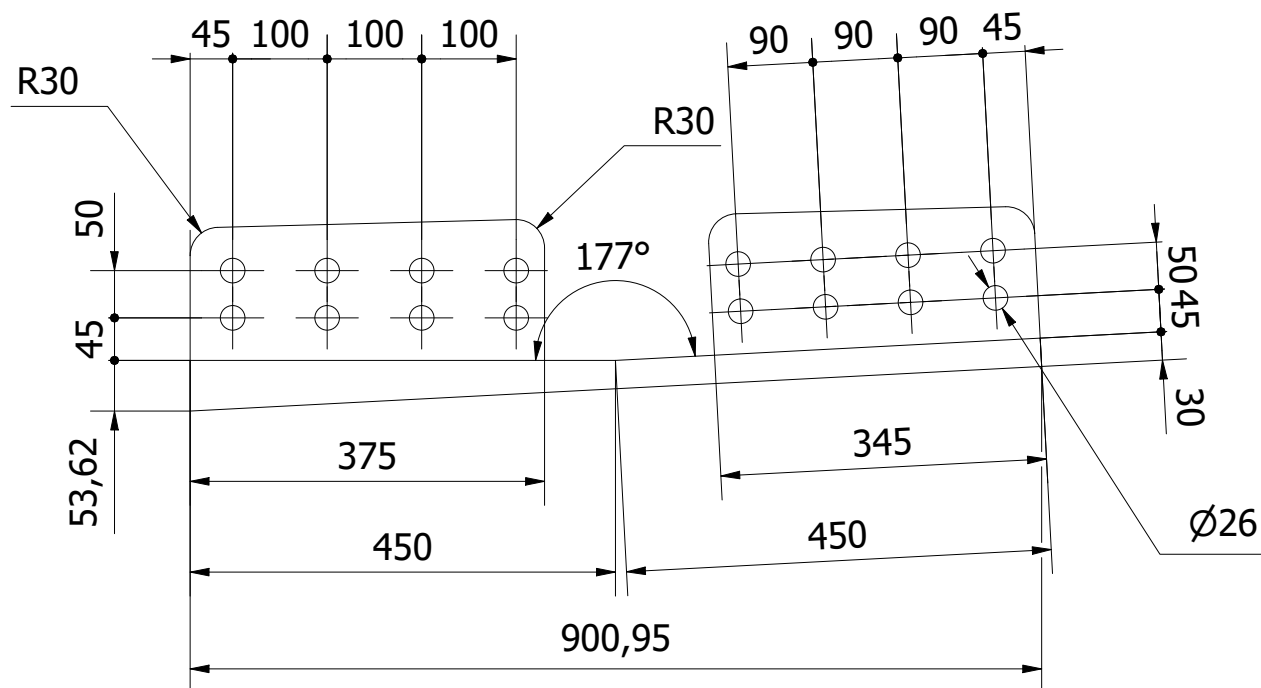
Hoja

1 / 1

Edición

1.1





ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
1.37	Grapa 6	2	S275	107,536 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 8

Nº de plano

1.37

Nombre del plano

GRAPA 6

Dibujado

Fecha

15/11/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

Comprobado

10/12/2020

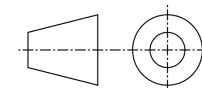
Alberto Díez Ibarbia

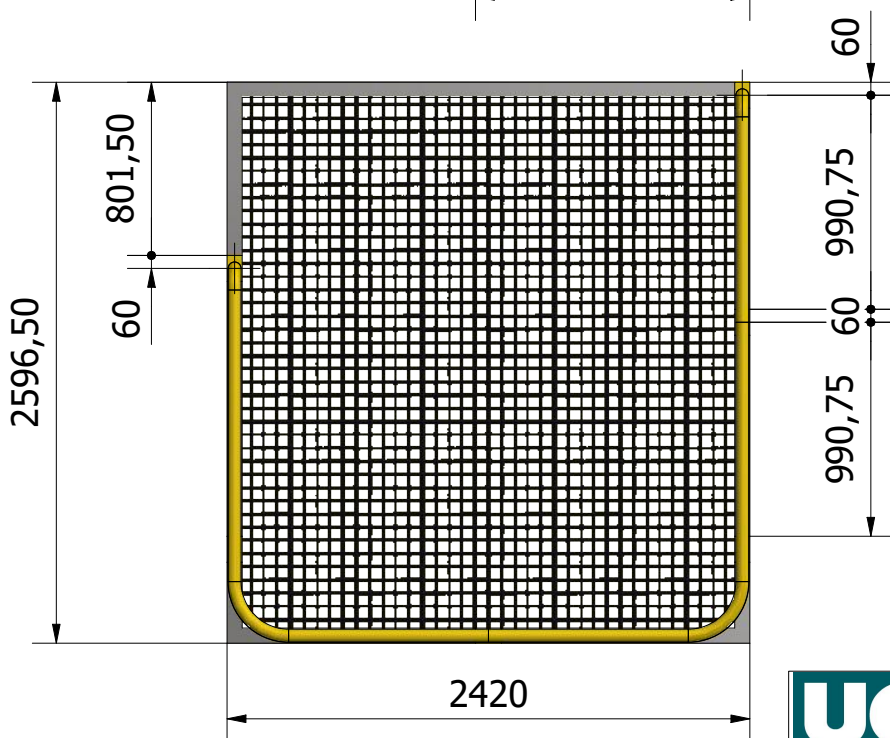
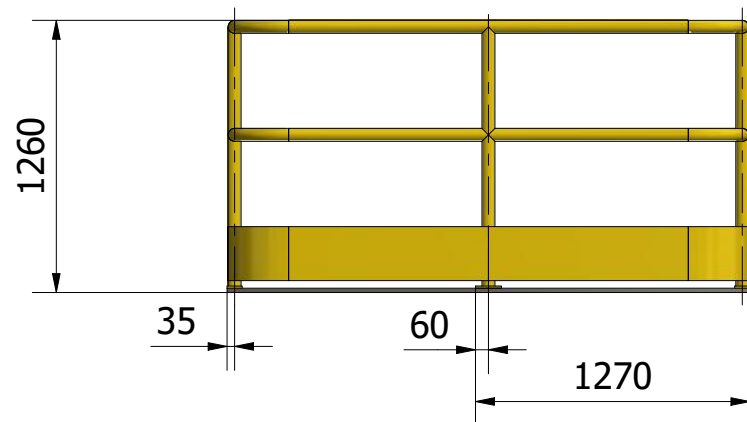
Hoja

1 / 1

Edición

1.1

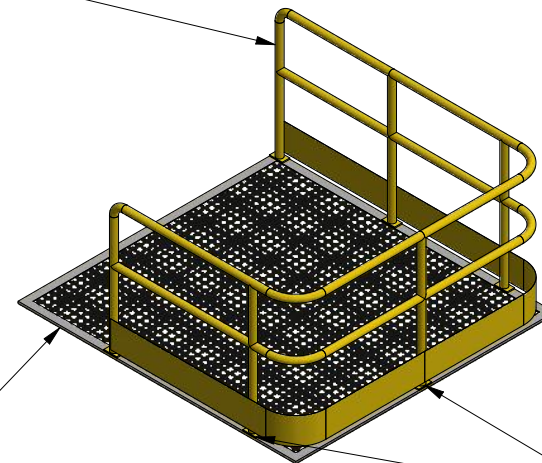




1.38.2

1.38.1

1.38.3



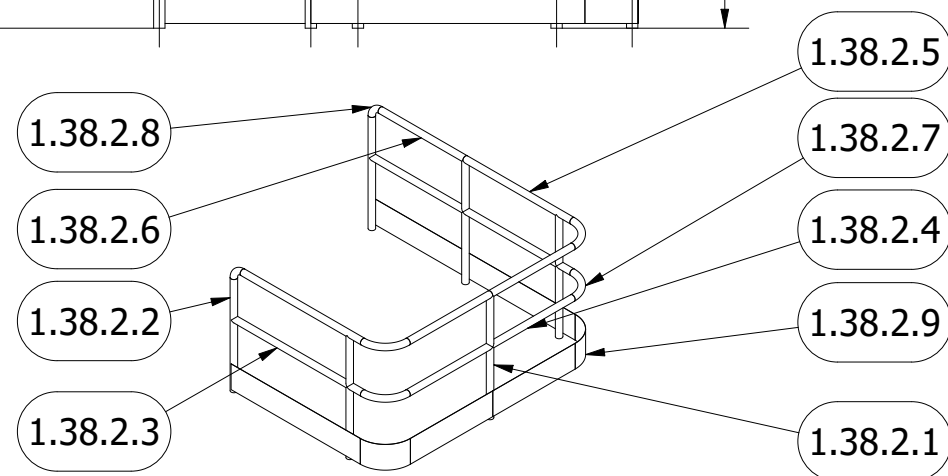
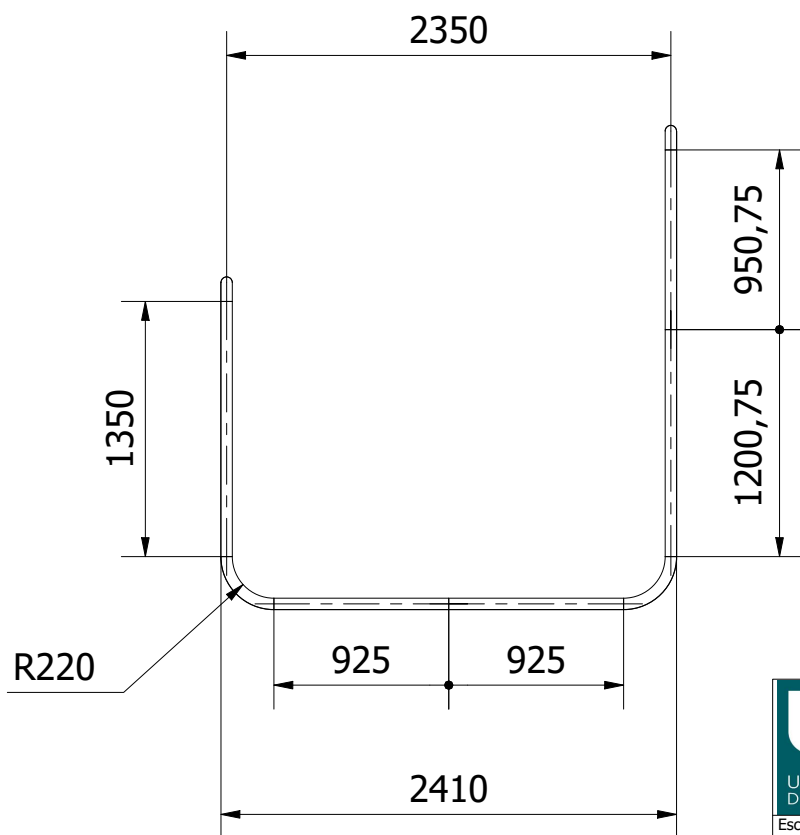
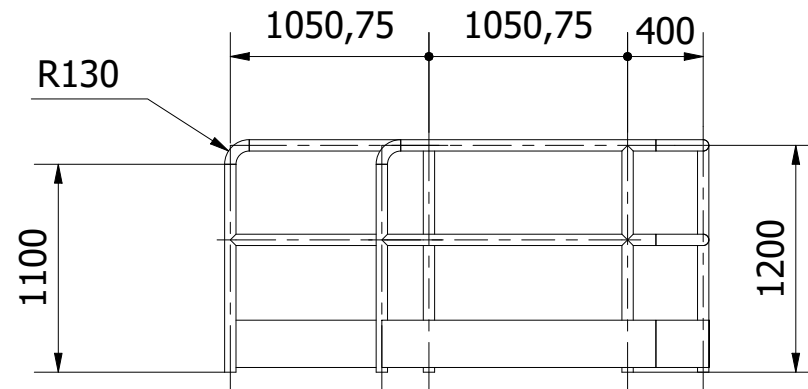
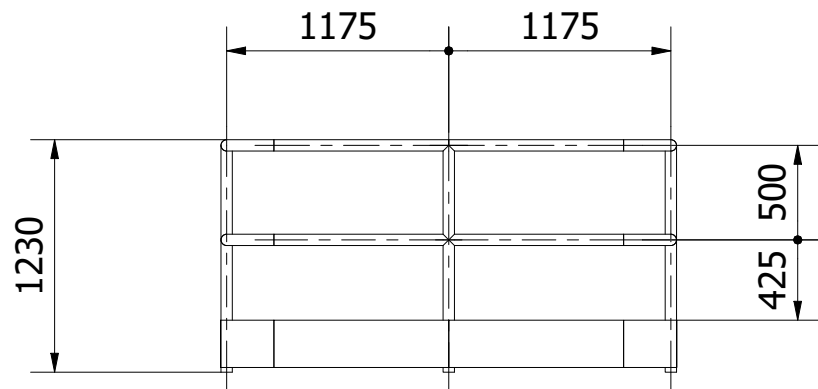
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.38.1	TRAMEX 2596,50 x 2420	1		S275	546,85 kg
1.38.2	BARANDILLA 1	1		S275	120,28 kg
1.38.3	PIE DE BARANDILLA 120x70x10	6		S275	0,66 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 35	1.38	PASARELA 1	1 / 1	1.3	



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.38.2.1	TUBO 60x4	4	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.38.2.2	TUBO 60x4	2	1100,00 mm	S275	6,07 kg
1.38.2.3	TUBO 60x4	2	1350,00 mm	S275	7,45 kg
1.38.2.4	TUBO 60x4	4	925,00 mm	S275	5,11 kg
1.38.2.5	TUBO 60x4	2	1200,75 mm	S275	6,63 kg
1.38.2.6	TUBO 60x4	2	950,75 mm	S275	5,25 kg
1.38.2.7	CODO R220 60x4 90º	4		S275	0,75 kg
1.38.2.8	CODO R130 60x4 90º	2		S275	0,75 kg
1.38.2.9	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	1	6242,65 mm	S275	12,25 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

Escala

1 : 40

Nº de plano

1.38.2

Nombre del plano

BARANDILLA 1

Dibujado

Fecha

14/11/2020

Nombre

Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez

Comprobado

10/12/2020

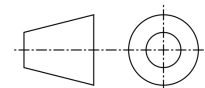
Alberto Díez Ibarbia

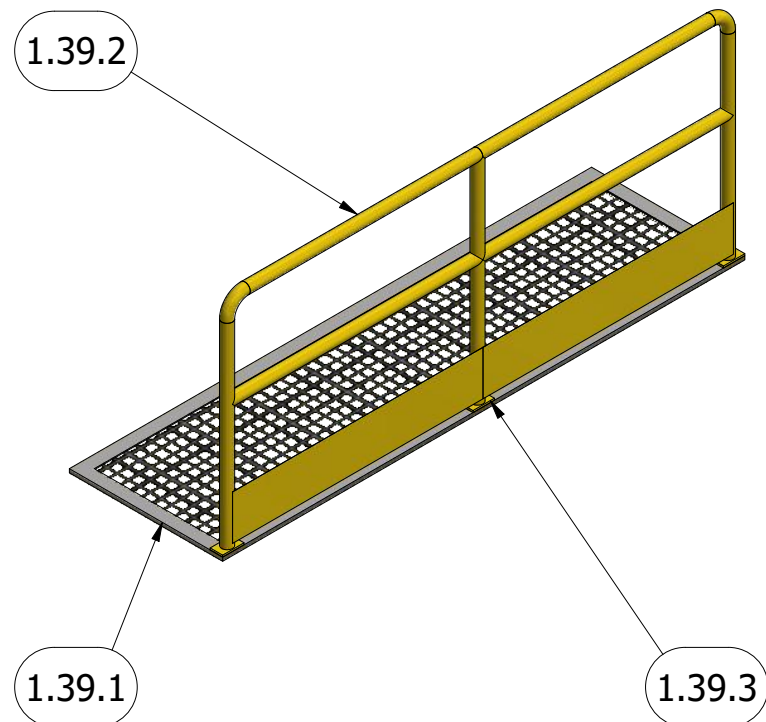
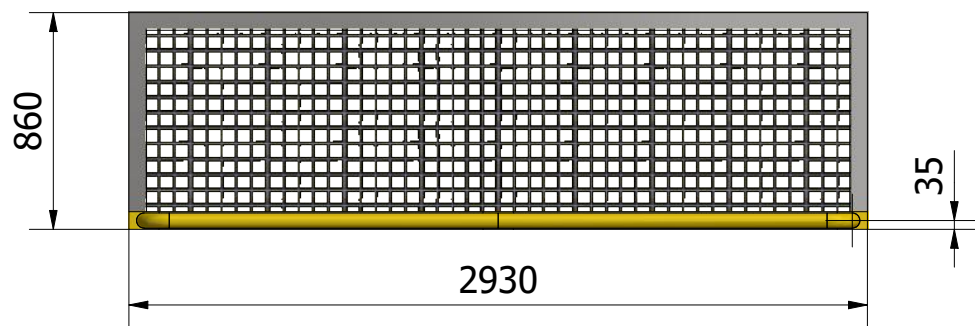
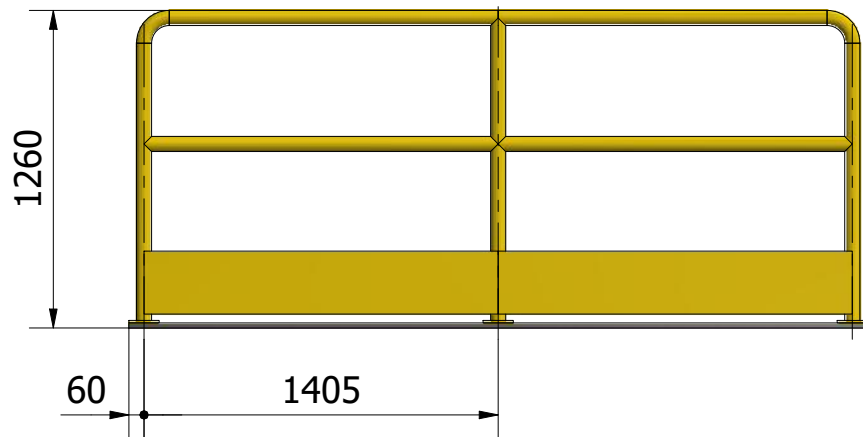
Hoja

1 / 1

Edición

1.2





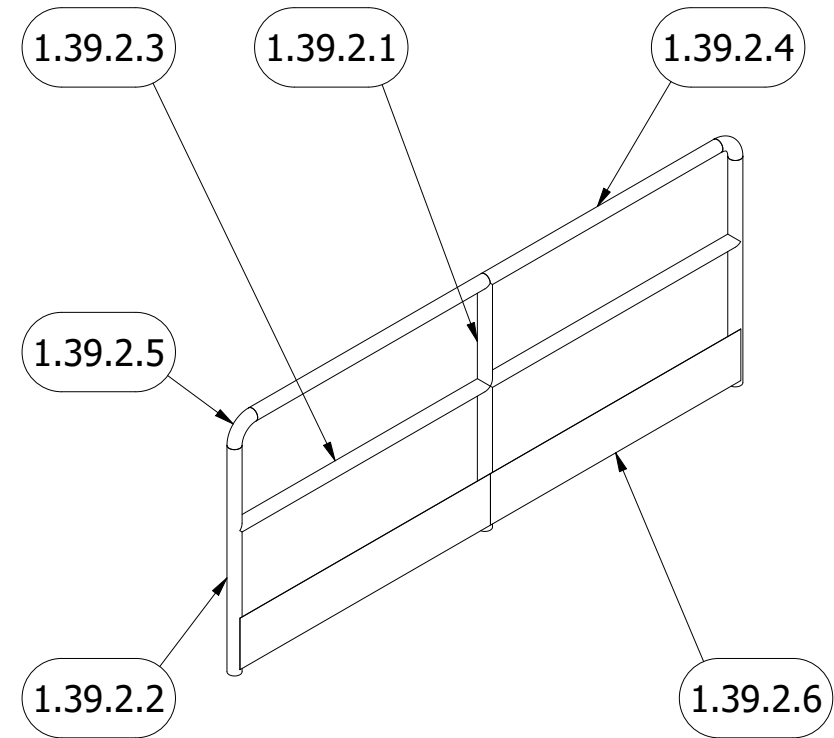
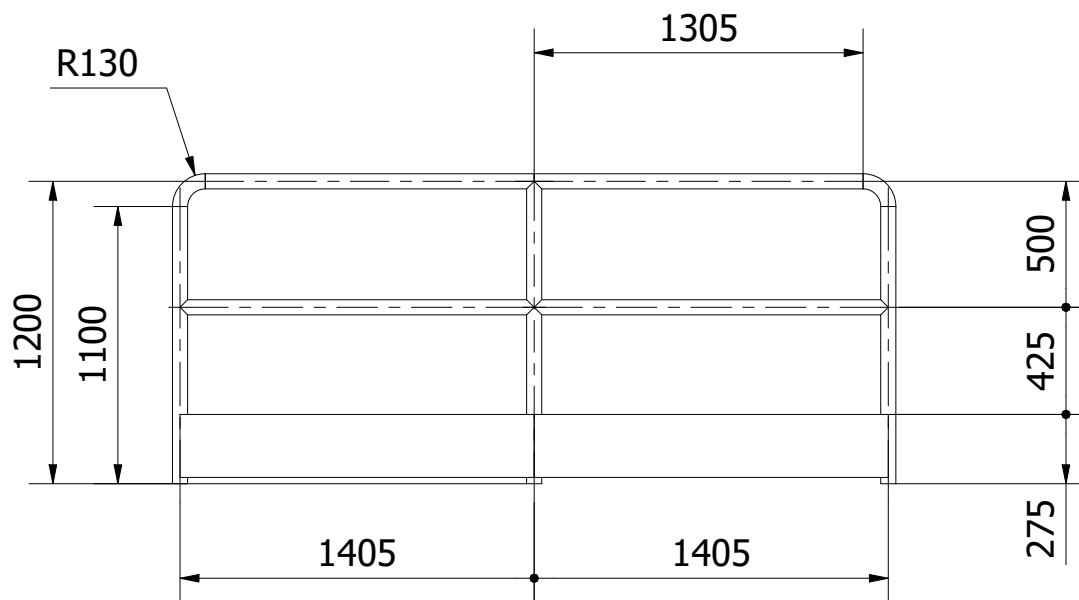
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.39.1	TRAMEX 2930 x 860	1		S275	237,92 kg
1.39.2	BARANDILLA 2	1		S275	55,38 kg
1.39.3	PIE DE BARANDILLA 120x70x10	3		S275	0,66 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 30	1.39	PASARELA 2	1 / 1	1.1	



LISTA DE PIEZAS

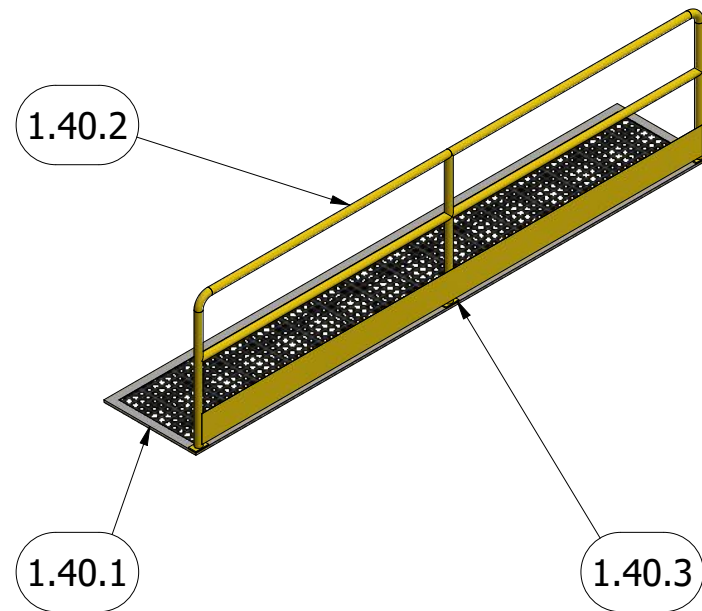
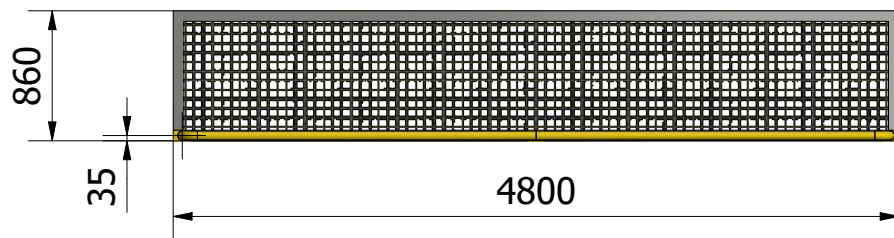
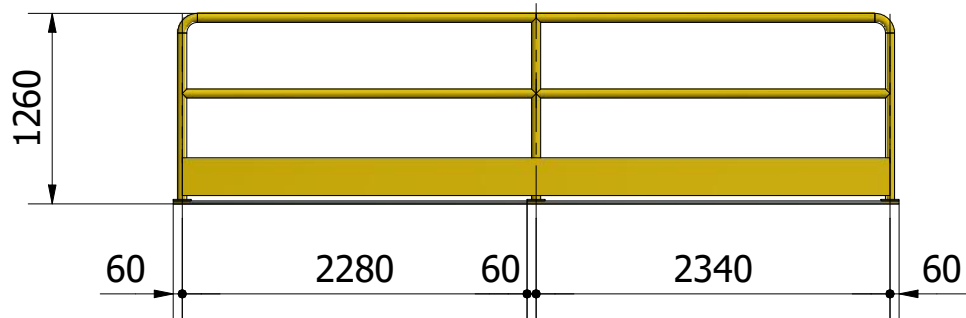
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.39.2.1	TUBO 60x4	1	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.39.2.2	TUBO 60x4	2	1100,00 mm	S275	6,07 kg
1.39.2.3	TUBO 60x4	2	1405,00 mm	S275	7,76 kg
1.39.2.4	TUBO 60x4	2	1305,00 mm	S275	7,20 kg
1.39.2.5	CODO R130 60x4 90°	2		S275	0,75 kg
1.39.2.6	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	2	1405,00 mm	S275	2,76 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 30	1.39.2	BARANDILLA 2	1 / 1	1.3	



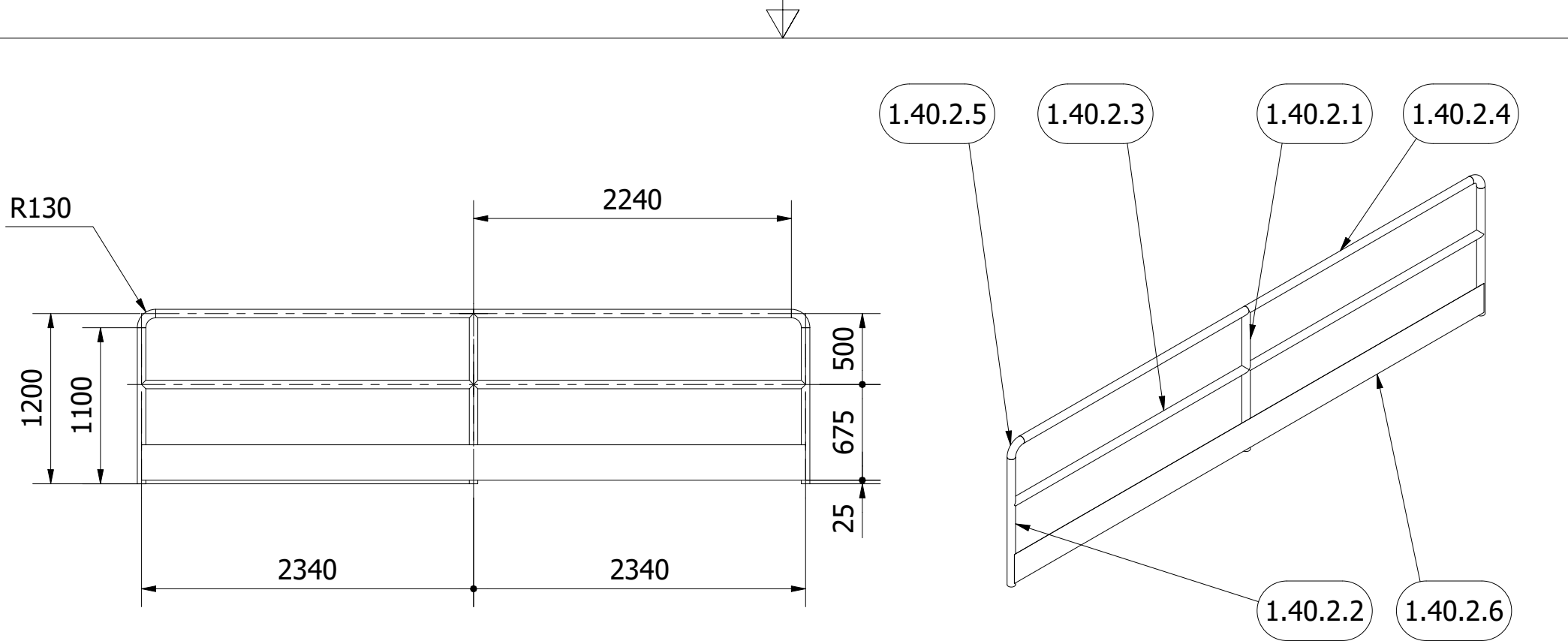
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.40.1	TRAMEX 4800 x 860	1		S275	384,71 kg
1.40.2	BARANDILLA 3	1		S275	79,71 kg
1.40.3	PIE DE BARANDILLA 120x70x10	3		S275	0,66 kg




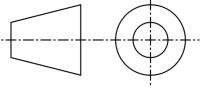
UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

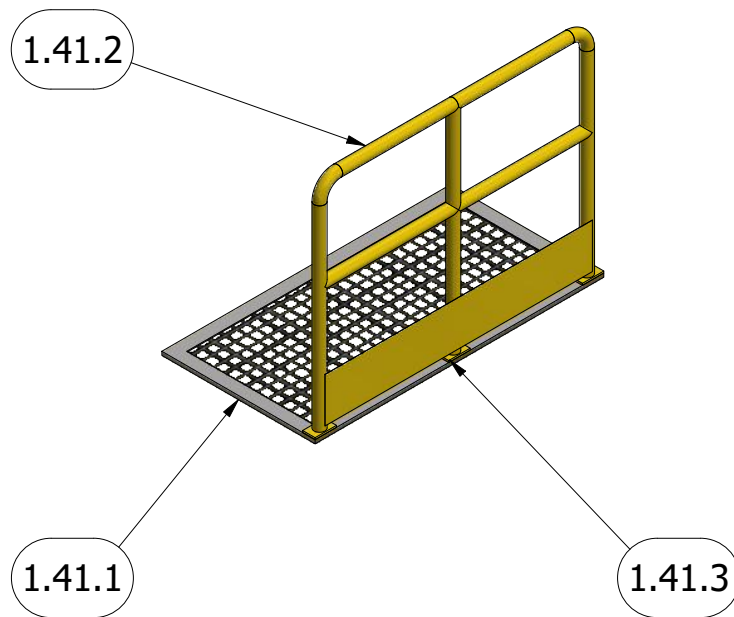
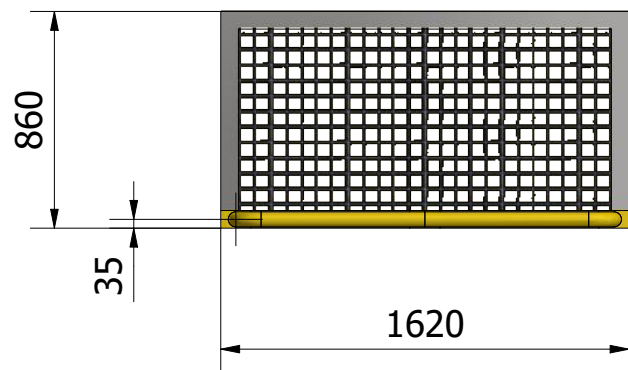
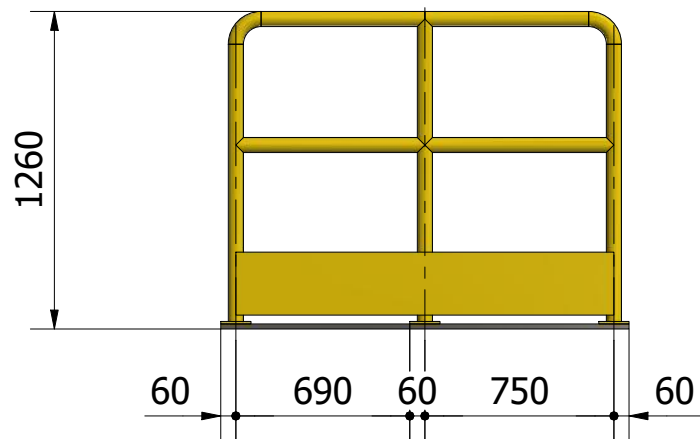
	Fecha	Nombre
Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 50	1.40	PASARELA 3	1 / 1	1.1	


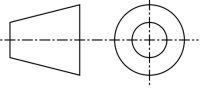


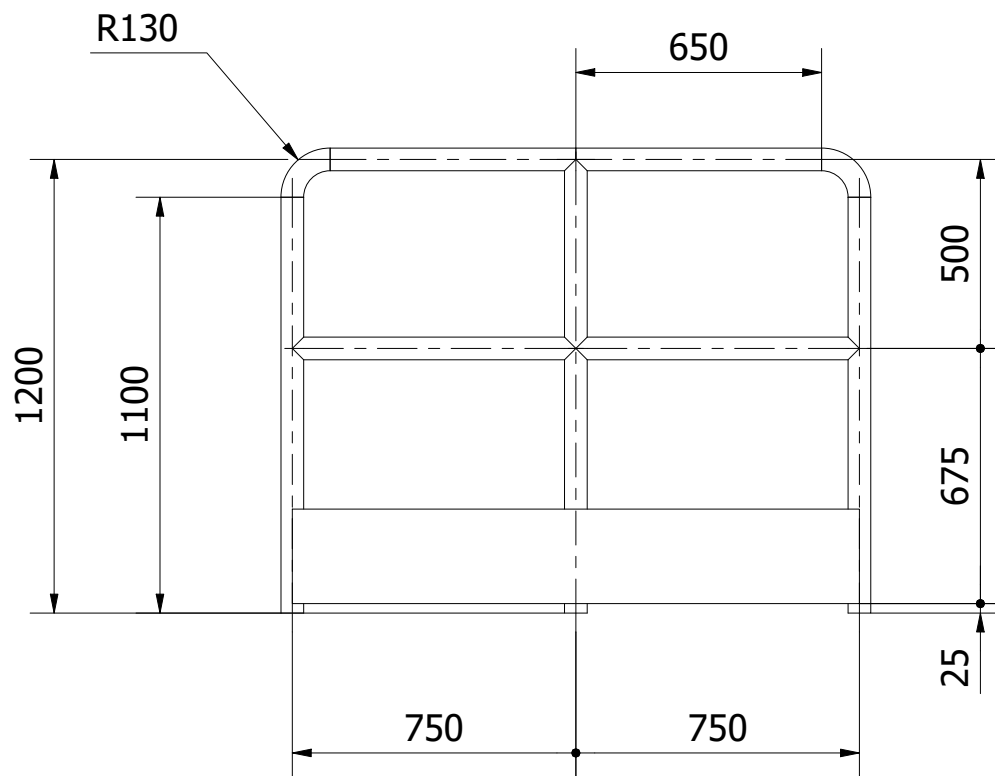
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.40.2.1	TUBO 60x4	1	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.40.2.2	TUBO 60x4	2	1100,00 mm	S275	6,07 kg
1.40.2.3	TUBO 60x4	2	2340,00 mm	S275	12,92 kg
1.40.2.4	TUBO 60x4	2	2240,00 mm	S275	12,37 kg
1.40.2.5	CODO R130 60x4 90º	2		S275	0,75 kg
1.40.2.6	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	1	4680,00 mm	S275	9,18 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 40	1.40.2	BARANDILLA 3			Edición	
					1.1	



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.41.1	TRAMEX 1620 x 860	1		S275	135,08 kg
1.41.2	BARANDILLA 4	1		S275	38,34 kg
1.41.3	PIE DE BARANDILLA 120x70x10	3		S275	0,66 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	14/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 30	1.41	PASARELA 4			Edición	
					1 / 1	
					1.1	



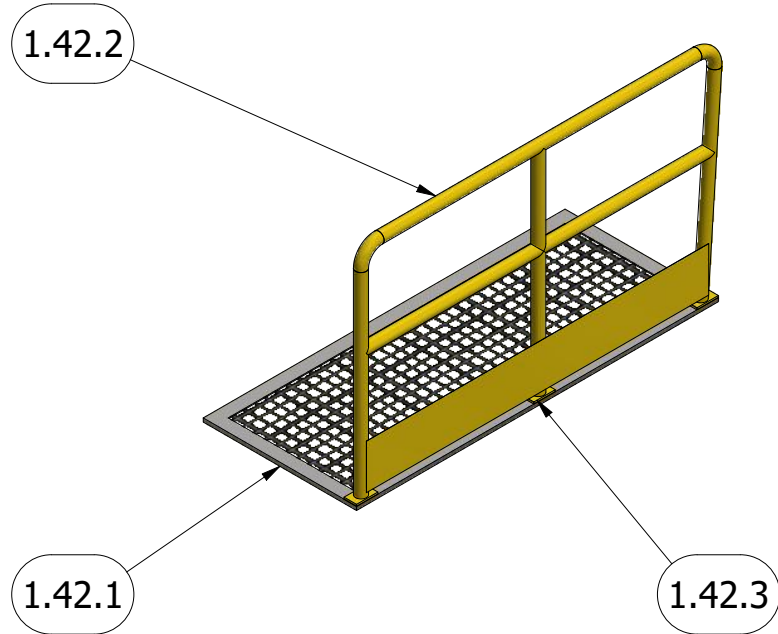
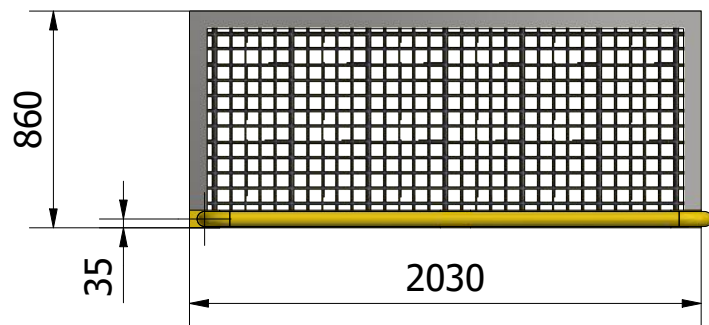
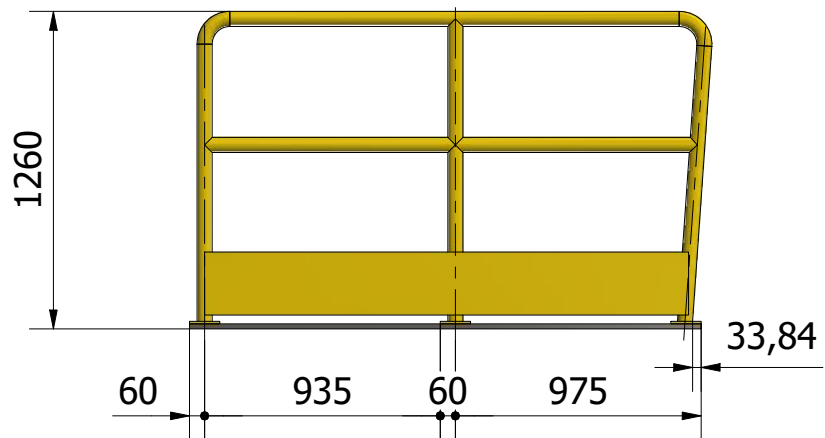
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.41.2.1	TUBO 60x4	1	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.41.2.2	TUBO 60x4	2	1100,00 mm	S275	6,07 kg
1.41.2.3	TUBO 60x4	2	750,00 mm	S275	4,14 kg
1.41.2.4	TUBO 60x4	2	650,00 mm	S275	3,59 kg
1.41.2.5	CODO R130 60x4 90°	2		S275	0,75 kg
1.41.2.6	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	1	1500,00 mm	S275	2,94 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 20	1.41.2	BARANDILLA 4	1 / 1	1.1	



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.42.1	TRAMEX 2030 x 860	1		S275	167,27 kg
1.42.2	BARANDILLA 5	1		S275	44,36 kg
1.42.3	PIE DE BARANDILLA 120x70x10	3		S275	0,66 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 30	1.42	PASARELA 5	1 / 1	1.1	

R130

1782,76

1200

1100

1093,60

86°

30

995

960,04

1920,07

1.42.2.6

1.42.2.1

1.42.2.3

1.42.2.1

1.42.2.7

1.42.2.2

1.42.2.4

1.42.2.5

1.42.2.9

LISTA DE PIEZAS

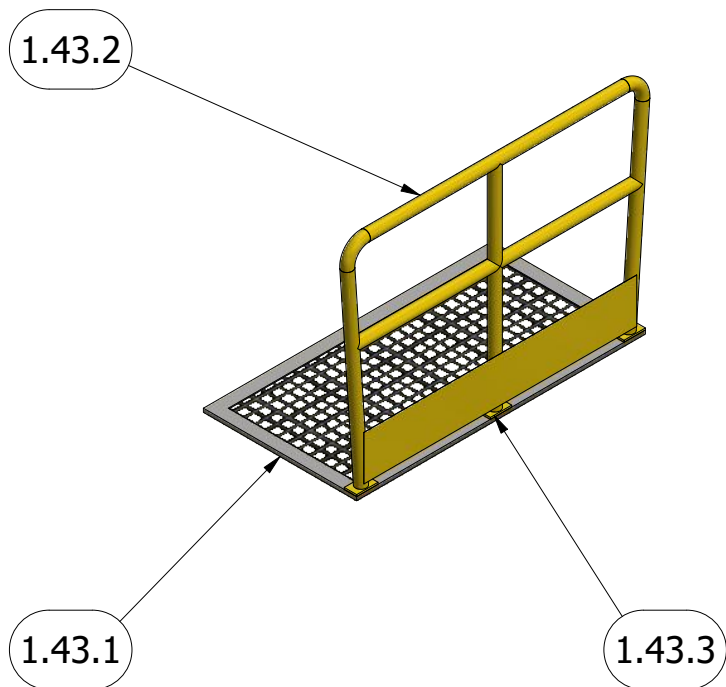
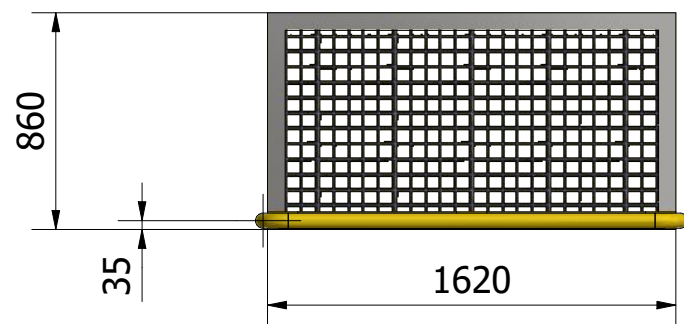
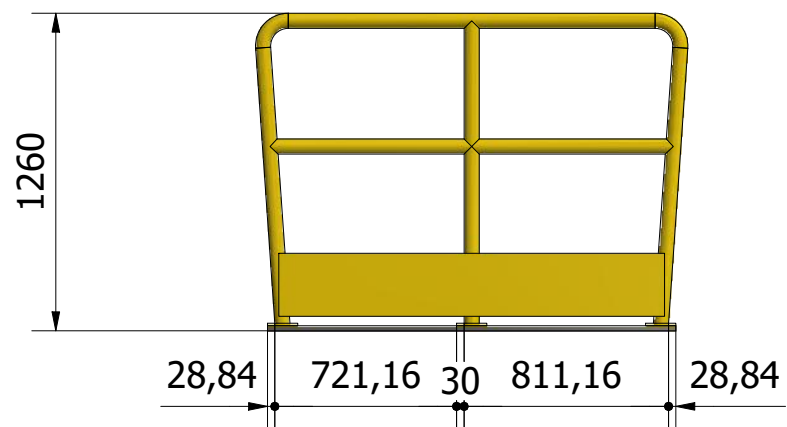
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.42.2.1	TUBO 60x4	1	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.42.2.2	TUBO 60x4	1	1100,00 mm	S275	6,07 kg
1.42.2.3	TUBO 60x4	1	1093,60 mm	S275	6,04 kg
1.42.2.4	TUBO 60x4	1	995,00 mm	S275	5,49 kg
1.42.2.5	TUBO 60x4	1	960,04 mm	S275	5,30 kg
1.42.2.6	TUBO 60x4	1	1782,76 mm	S275	9,84 kg
1.42.2.7	CODO R130 60x4 90°	1		S275	0,75 kg
1.42.2.8	CODO R130 60x4 86°	1		S275	0,75 kg
1.42.2.9	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	1	1920,07 mm	S275	3,77 kg




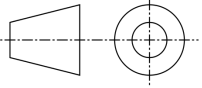
UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

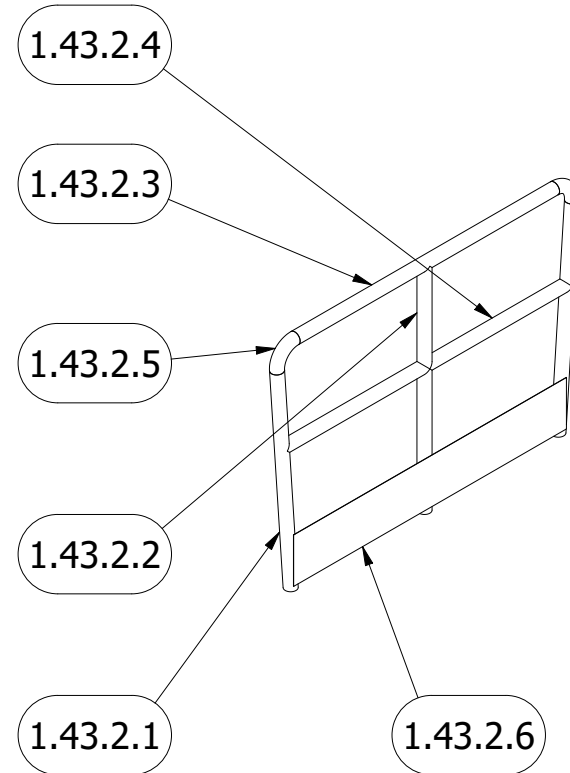
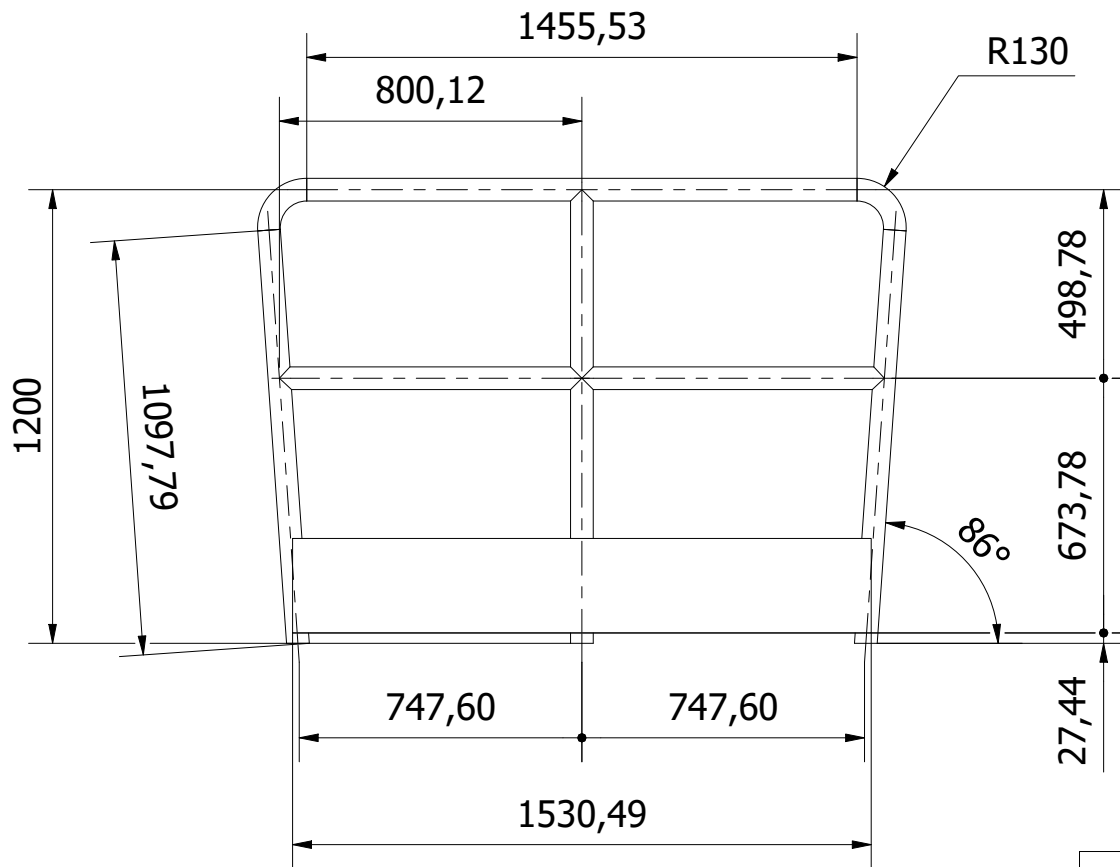
	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 20	1.42.2	BARANDILLA 5	1 / 1	1.1	



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.43.1	TRAMEX 1620 x 860	1		S275	135,08 kg
1.43.2	BARANDILLA 6	1		S275	39,84 kg
1.43.3	PIE DE BARANDILLA 120x70x10	3		S275	0,66 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 30	1.43	PASARELA 6			Edición	
					1 / 1	
					1.1	



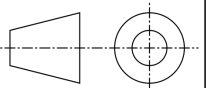
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.43.2.1	TUBO 60x4	2	1097,79 mm	S275	6,06 kg
1.43.2.2	TUBO 60x4	1	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.43.2.3	TUBO 60x4	1	1455,33 mm	S275	8,03 kg
1.43.2.4	TUBO 60x4	2	747,60 mm	S275	4,13 kg
1.43.2.5	CODO R130 60x4 86°	2		S275	0,75 kg
1.43.2.6	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	1	1530,49 mm	S275	3,00 kg

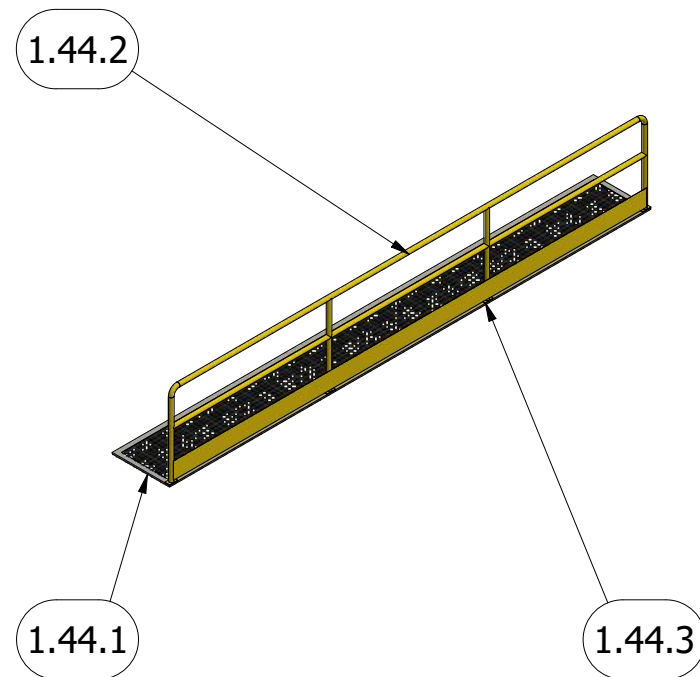
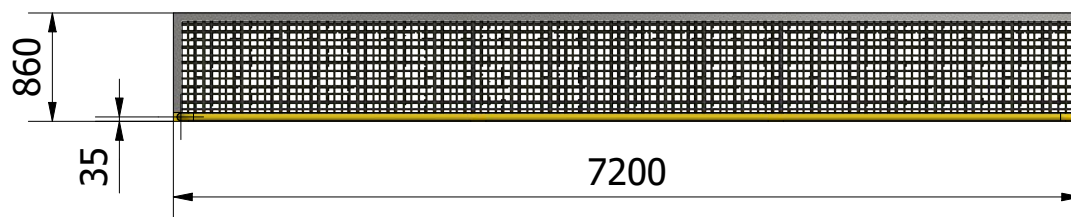
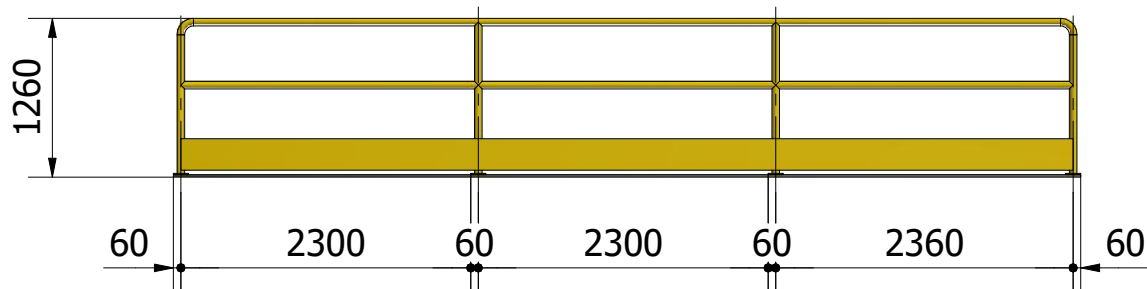


UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición
1 : 20	1.43.2	BARANDILLA 6	1 / 1	1.1





LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.44.1	TRAMEX 7200 x 860	1		S275	573,11 kg
1.44.2	BARANDILLA 7	1		S275	117,21 kg
1.44.3	PIE DE BARANDILLA 120x70x10	4		S275	0,66 kg

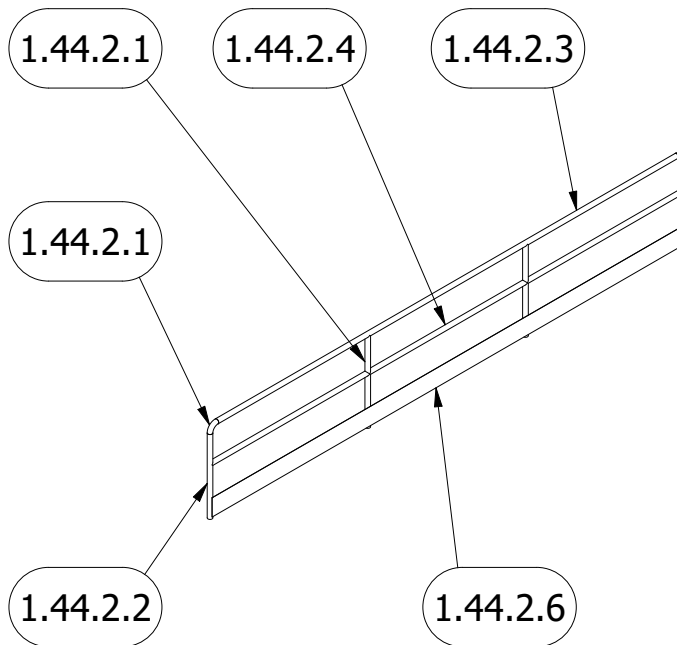
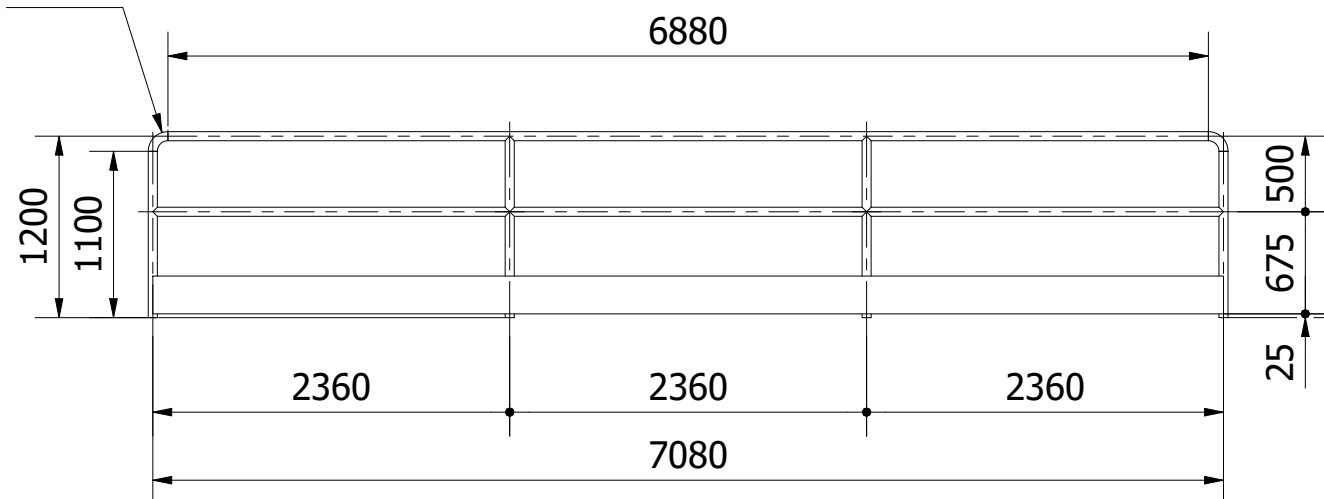


UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 60	1.44	PASARELA 7	1 / 1	1.1	

R130



LISTA DE PIEZAS

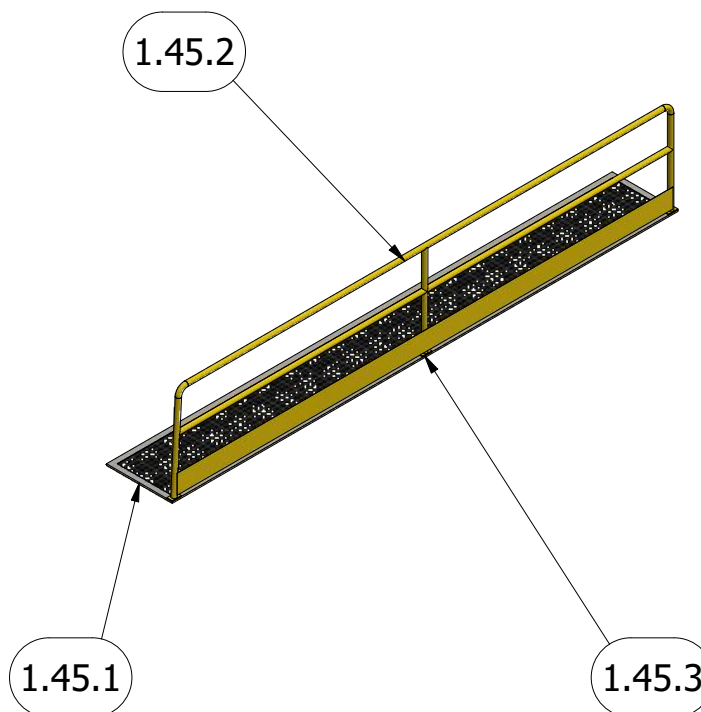
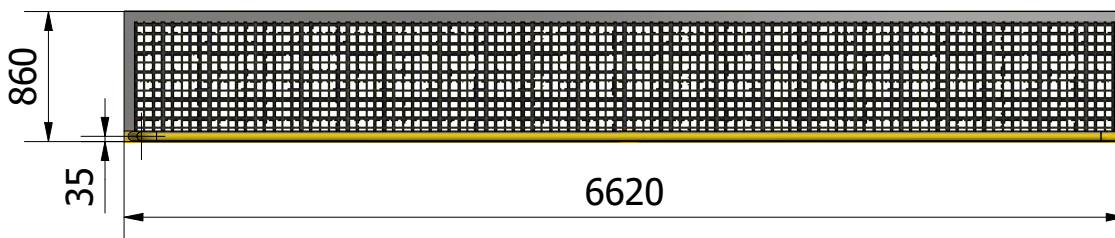
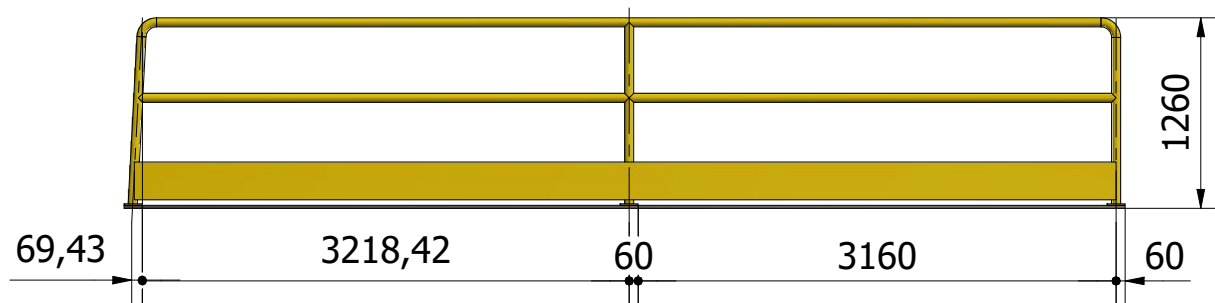
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.44.2.1	TUBO 60x4	2	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.44.2.2	TUBO 60x4	2	1100,00 mm	S275	6,07 kg
1.44.2.3	TUBO 60x4	1	6880,00 mm	S275	37,98 kg
1.44.2.4	TUBO 60x4	3	2360,00 mm	S275	13,03 kg
1.44.2.5	CODO R130 60x4 90°	2		S275	0,75 kg
1.44.2.6	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	1	7080,00 mm	S275	13,89 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 50	1.44.2	BARANDILLA 7	1 / 1	1.1	



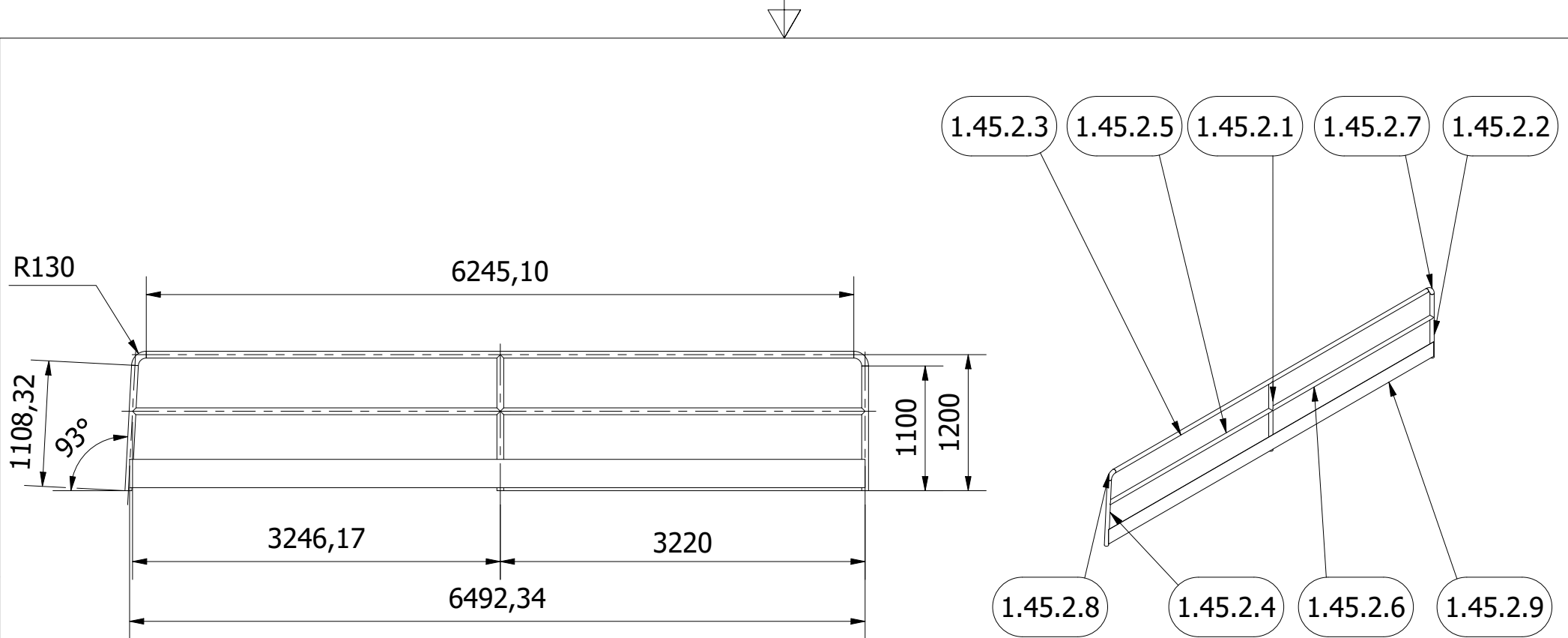
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.45.1	TRAMEX 6620 x 860	1		S275	527,58 kg
1.45.2	BARANDILLA 8	1		S275	102,90 kg
1.45.3	PIE DE BARANDILLA 120X70X10	3		S275	0,66 kg




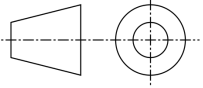
UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

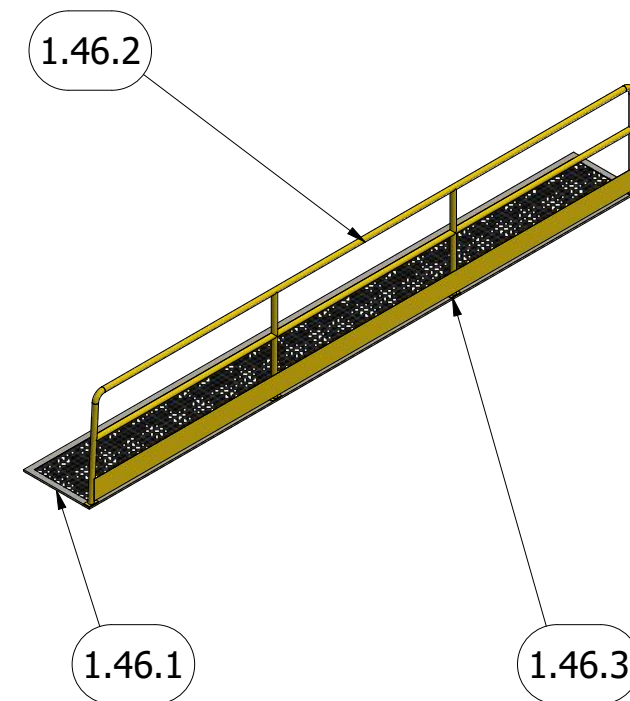
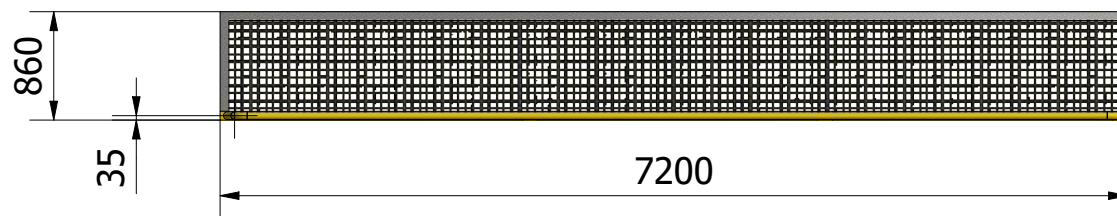
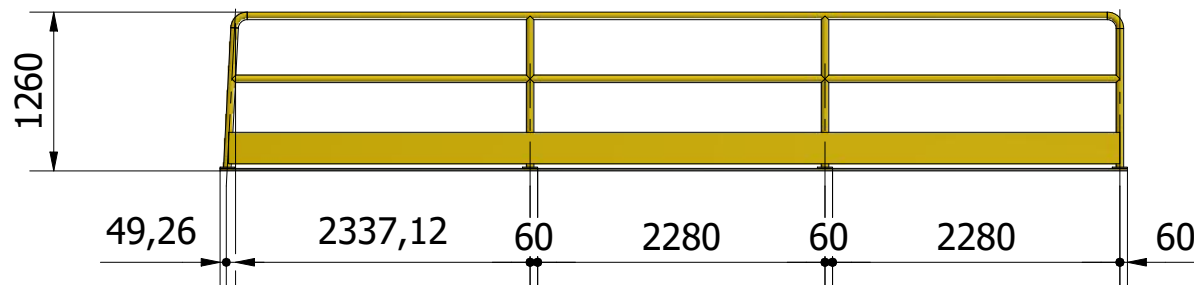
	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 50	1.45	PASARELA 8	1 / 1	1.1	



LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.45.2.1	TUBO 60x4	1	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.45.2.2	TUBO 60x4	1	1100,00 mm	S275	6,07 kg
1.45.2.3	TUBO 60x4	1	6245,10 mm	S275	34,48 kg
1.45.2.4	TUBO 60x4	1	1108,32 mm	S275	6,12 kg
1.45.2.5	TUBO 60x4	1	3246,17 mm	S275	17,92 kg
1.45.2.6	TUBO 60x4	1	3220,00 mm	S275	17,74 kg
1.45.2.7	CODO R130 60x4 90°	1		S275	0,75 kg
1.45.2.8	CODO R130 60x4 93°	1		S275	0,75 kg
1.45.2.9	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	1	6492,34 mm	S275	12,74 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 50	1.45.2	BARANDILLA 8			Edición	
					1.1	



LISTA DE PIEZAS

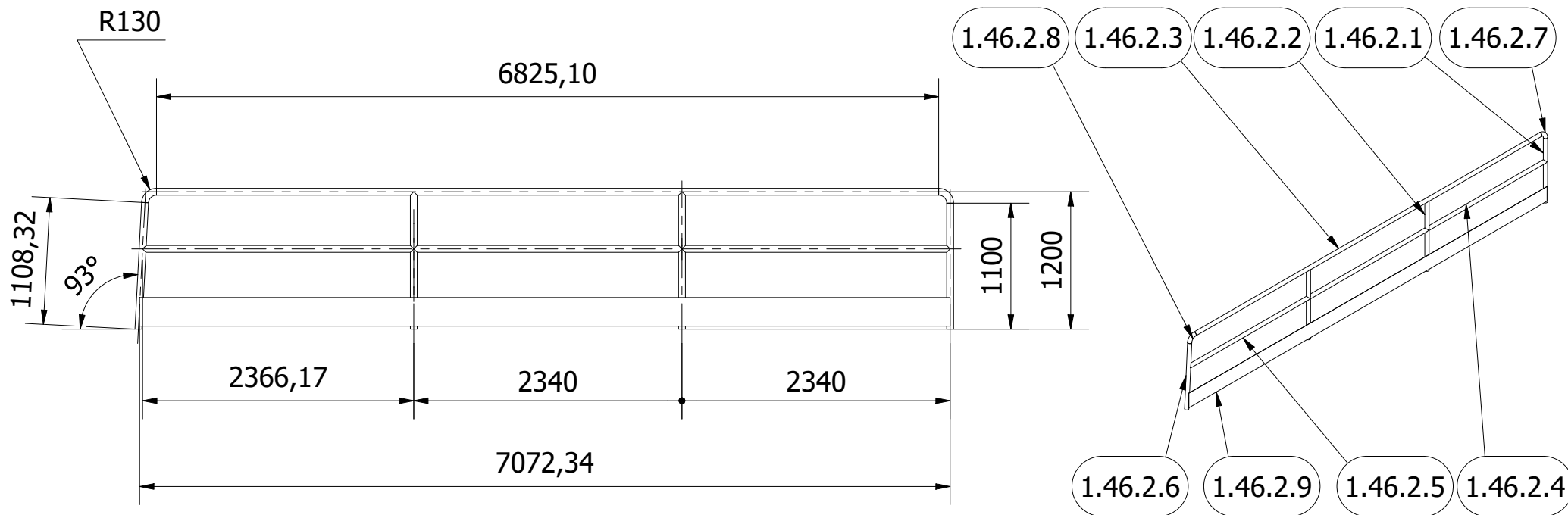
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.46.1	TRAMEX 7200 x 860	1		S275	573,11 kg
1.46.2	BARANDILLA 9	1		S275	116,72 kg
1.46.3	PIE DE BARANDILLA 120x70x10	4		S275	0,66 kg



UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 60	1.46	PASARELA 9	1 / 1	1.1	



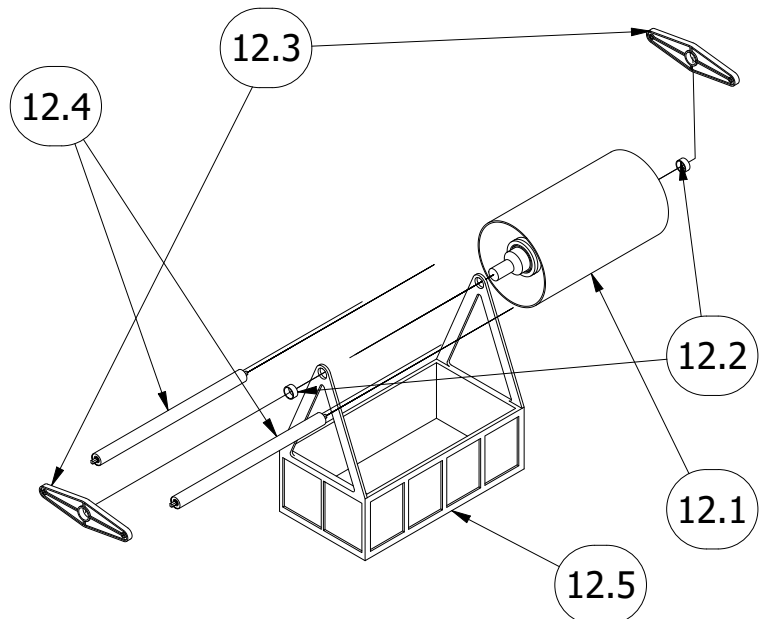
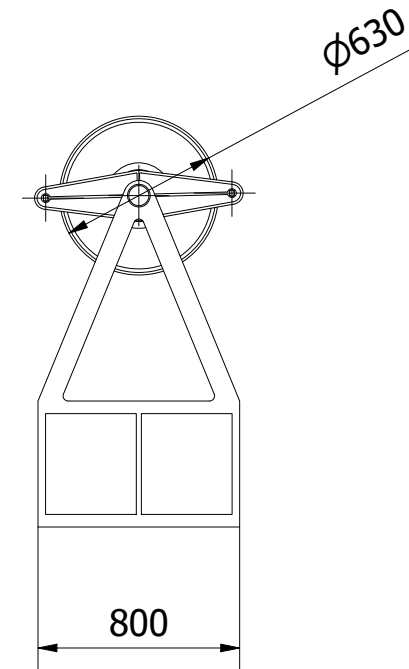
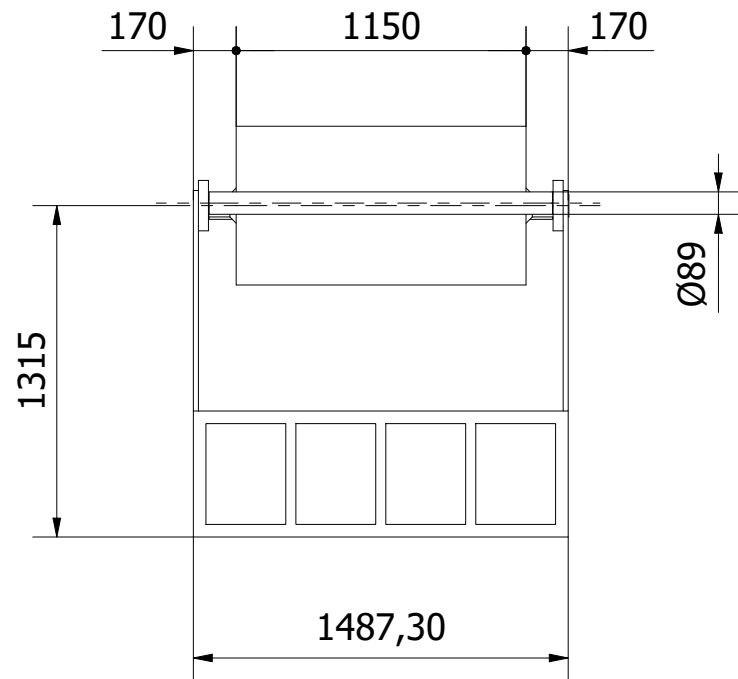
LISTA DE PIEZAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	UNIDADES	MATERIAL	MASA
1.46.2.1	TUBO 60x4	1	1100,00 mm	S275	6,07 kg
1.46.2.2	TUBO 60x4	2	1200,00 mm	S275	6,62 kg
1.46.2.3	TUBO 60x4	1	6825,10 mm	S275	37,67 kg
1.46.2.4	TUBO 60x4	2	2340,00 mm	S275	12,92 kg
1.46.2.5	TUBO 60x4	1	2366,17 mm	S275	12,04 kg
1.46.2.6	TUBO 60x4	1	1108,32 mm	S275	6,12 kg
1.46.2.7	CODO R130 60x4 90°	1		S275	0,75 kg
1.46.2.8	CODO R130 60x4 93°	1		S275	0,75 kg
1.46.2.9	PLETINA DE SEGURIDAD 250x1	1	7072,34 mm	S275	13,88 kg




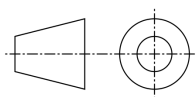
UNIVERSIDAD DE
CANTABRIA

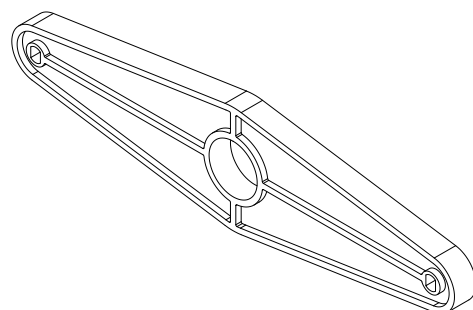
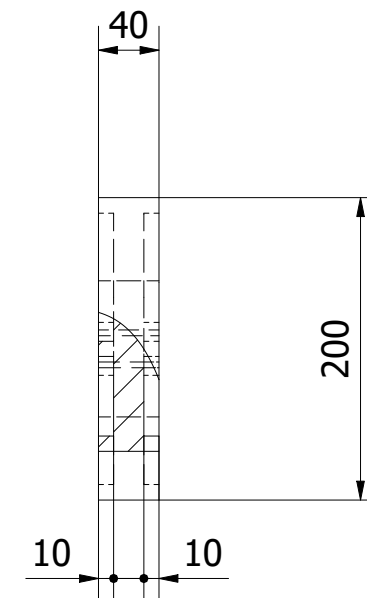
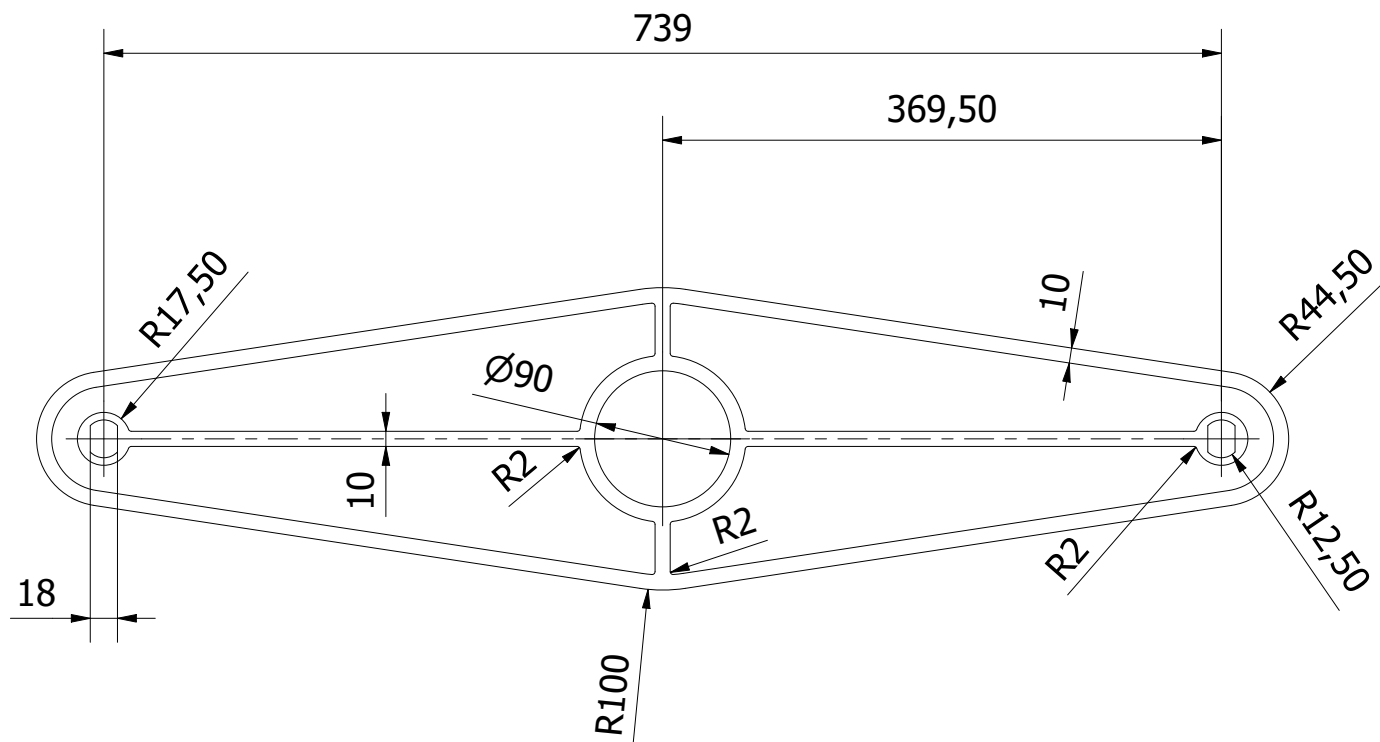
	Fecha	Nombre
Dibujado	15/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia

Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	Edición	
1 : 50	1.46.2	BARANDILLA 9	1 / 1	1.1	


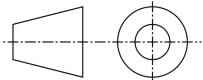


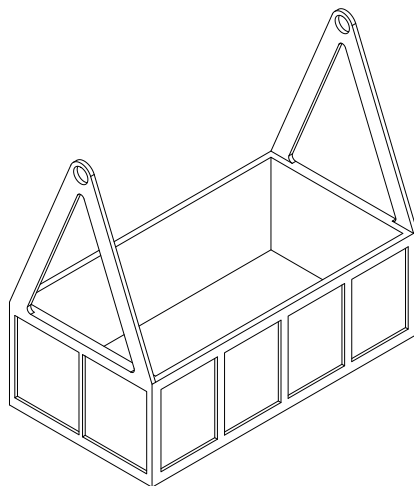
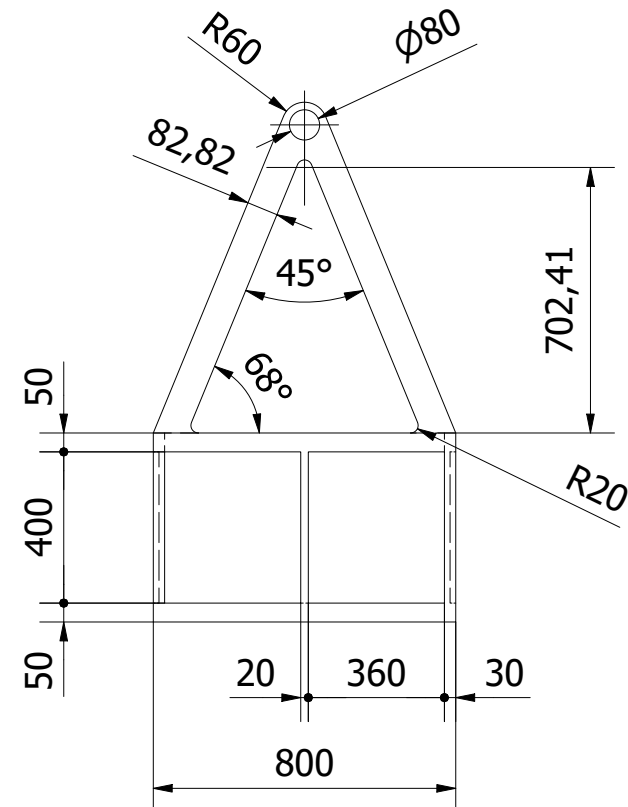
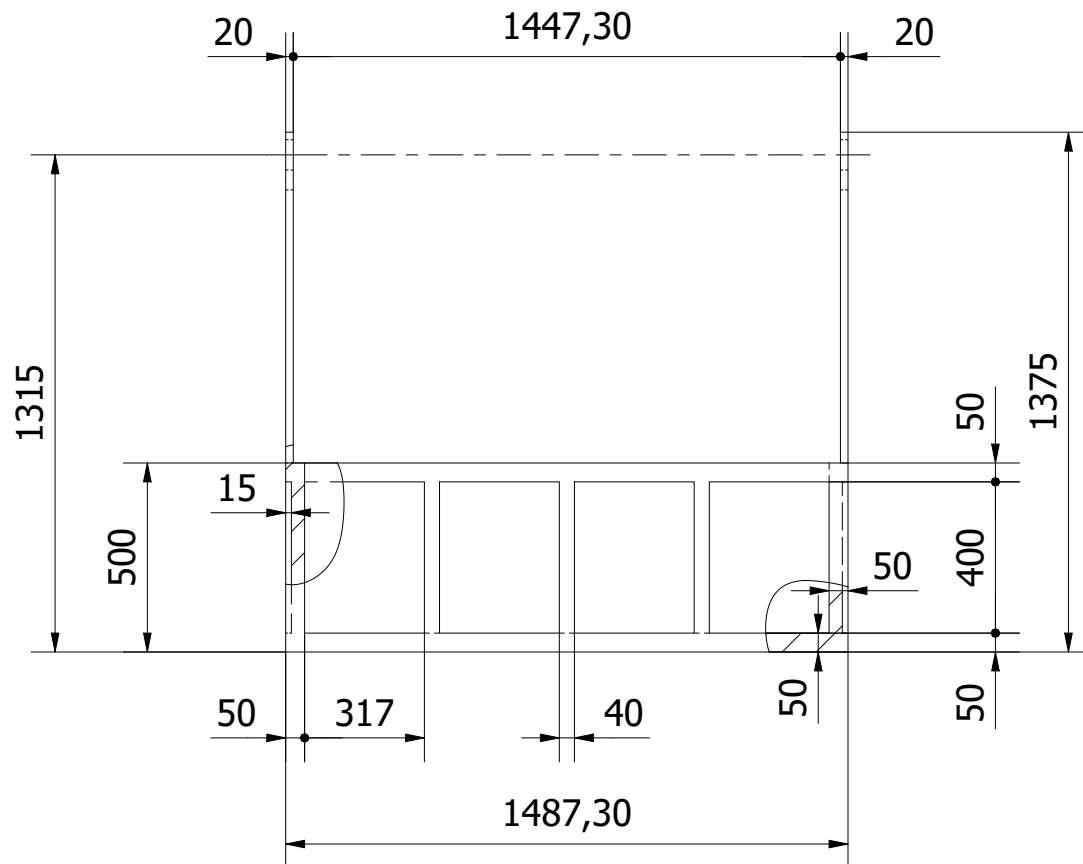
LISTA DE PIEZAS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
12.1	Tambor Desviador	1	S275	473,61 kg
12.2	Casquillo 90x40x5	2	S275	0,42 kg
12.3	Junta	2	S275	20,93 kg
12.4	Rodillo Ø89	2	S275	14,93 kg
12.5	Caja	1	S275	902,32 kg

 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Fecha	Nombre
			Dibujado	12/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja		
1 : 30	12	TENSOR	1 / 1		
			Edición 1.2		


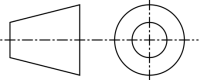


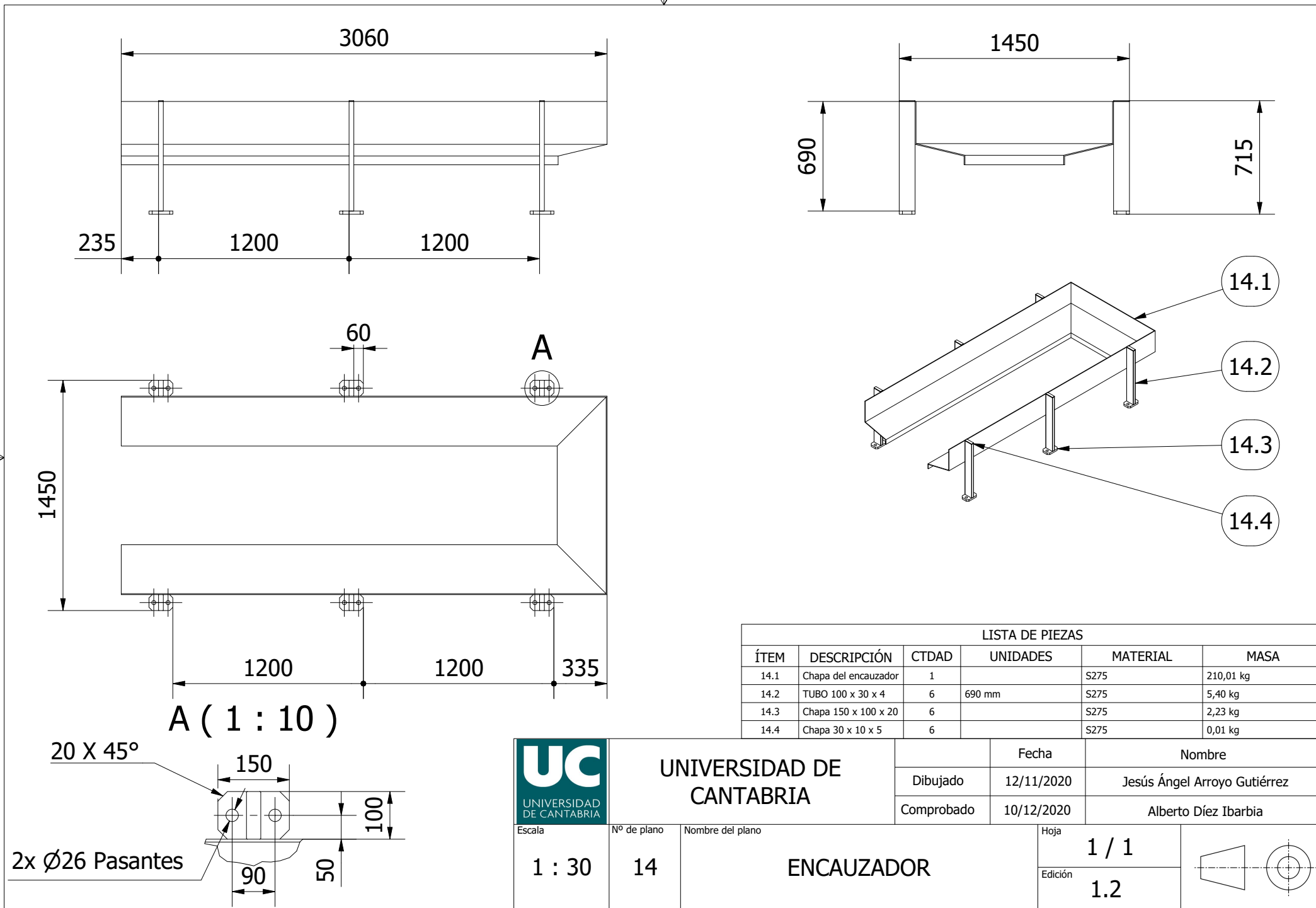
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
12.3	Junta	2	S275	20,929 kg

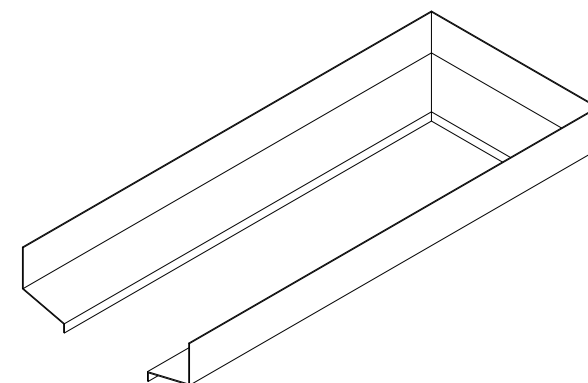
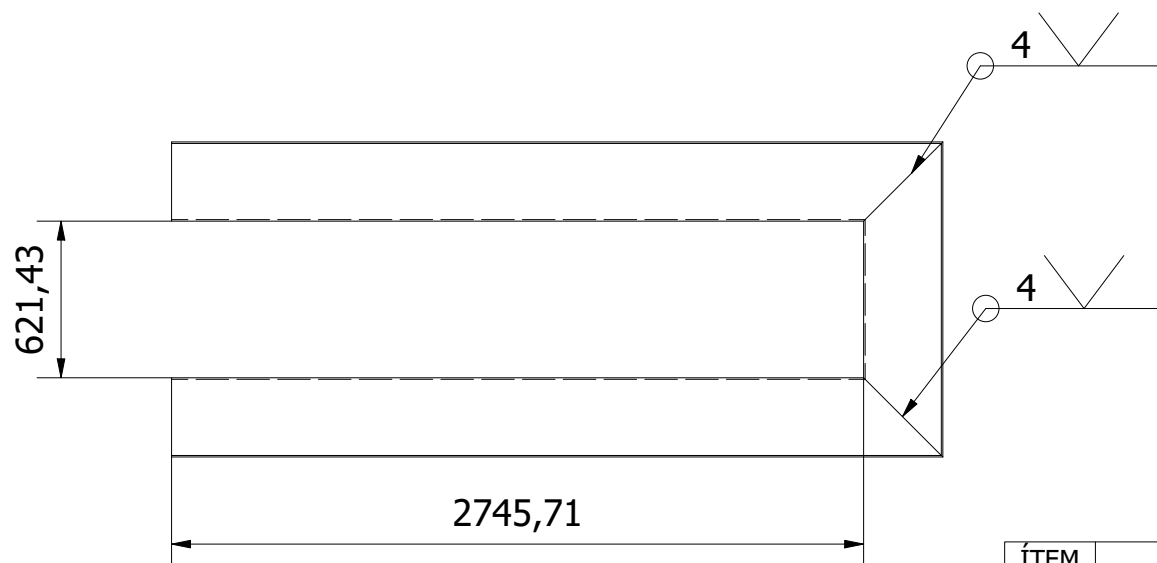
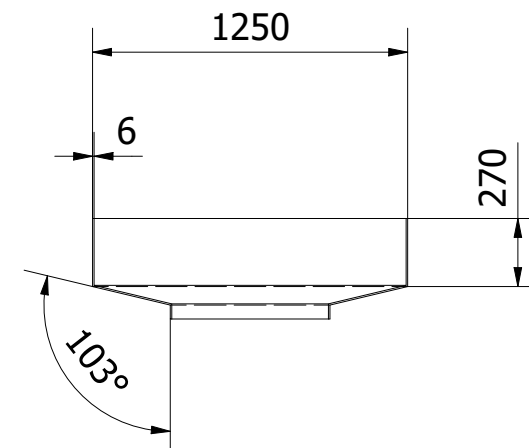
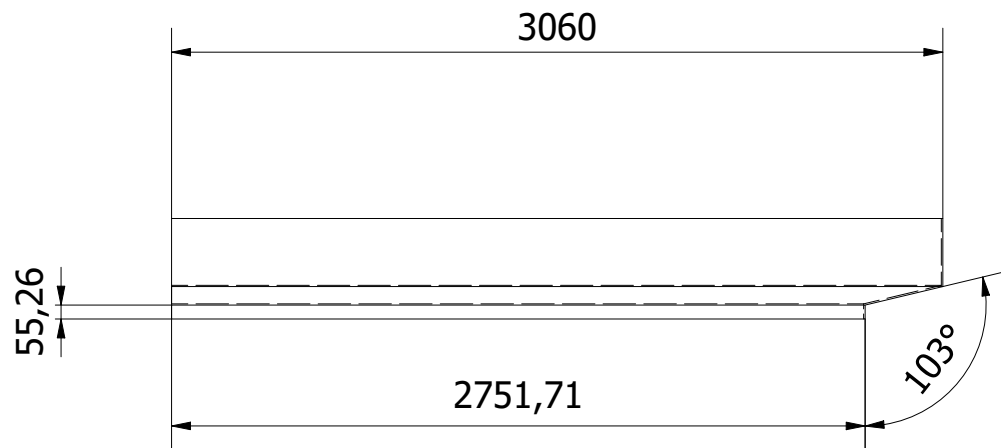
	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre
			Dibujado	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano	Hoja	
1 : 5	12.3	JUNTA	Edición	
			1 / 1	
			1.1	




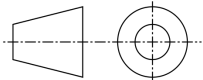
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
12.5	Caja	1	S275	902,320 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha	Nombre	
			Dibujado	12/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia
Escala	Nº de plano	Nombre del plano		Hoja	
1 : 20	12.5	CAJA		Edición	
				1 / 1	
				1.2	





ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
14.1	Encauzador	1	S275	210,012 kg

	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Fecha		Nombre	
			Dibujado	12/11/2020	Jesús Ángel Arroyo Gutiérrez	
			Comprobado	10/12/2020	Alberto Díez Ibarbia	
Escala	Nº de plano	Nombre del plano			Hoja	
1 : 30	14.1	CHAPA DEL ENCAUZADOR			Edición	
					1.2	

DOCUMENTO IV.

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL DOCUMENTO IV. PLIEGO DE CONDICIONES

1. CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS. PLIEGO GENERAL.....	1
1.1. DISPOSICIONES GENERALES. PLIEGO GENERAL.....	1
1.1.1. NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL.....	1
1.1.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.	1
1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS. PLIEGO GENERAL.....	2
1.2.1. EPÍGRAFE 1.º DELIMITACION GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS Y DELIMITACIÓN DE FUNCIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES	2
1.2.2. EPÍGRAFE 2.º DE LAS OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO	8
1.2.3. EPÍGRAFE 3º RESPONSABILIDAD CIVIL DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EDIFICACIÓN	11
1.2.4. EPÍGRAFE 4.º PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES CAMINOS Y ACCESOS	13
1.2.5. EPÍGRAFE 5.º DE LAS RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS ACTA DE RECEPCIÓN	17
1.3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS. PLIEGO GENERAL	21
1.3.1. EPÍGRAFE 1.º PRINCIPIO GENERAL	21
1.3.2. EPÍGRAFE 2.º FIANZAS	22
1.3.3. EPÍGRAFE 3.º COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS	23
1.3.4. EPÍGRAFE 4.º OBRAS POR ADMINISTRACIÓN	25
1.3.5. EPÍGRAFE 5.º VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS	28
1.3.6. EPÍGRAFE 6.º INDEMNIZACIONES MUTUAS INDEMNIZACIÓN POR RETRASO DEL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS	32
1.3.7. EPÍGRAFE 7.º VARIOS. MEJORAS, AUMENTOS Y/O REDUCCIONES DE OBRA.	32
2. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES. PLIEGO PARTICULAR	36
2.1. PRESCRIPCIONES SOBRE MATERIALES. PLIEGO PARTICULAR.....	36
2.1.1. EPÍGRAFE 1.º CONDICIONES GENERALES	36

2.1.2. EPÍGRAFE 2.º CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES.....	37
2.2. PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA Y PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO. MANTENIMIENTO PLIEGO PARTICULAR.	42
2.2.1. EPÍGRAFE 3.º CONDICIONES QUE HA DE CUMPLIR LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	42
2.2.2. EPÍGRAFE 4.º CONTROL DE LA OBRA	58

1. CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS. PLIEGO GENERAL

1.1. DISPOSICIONES GENERALES. PLIEGO GENERAL

1.1.1. NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL.

Artículo 1.- El presente Pliego General de Condiciones tiene carácter supletorio del Pliego de Condiciones particulares del Proyecto. Ambos, como parte del proyecto arquitectónico tiene por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones correspondientes, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al Ingeniero y al Aparejador o Arquitecto Técnico y a los laboratorios y entidades de Control de Calidad, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.1.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.

Artículo 2- Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de: sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

1. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiera.
2. La memoria y los anejos.
3. Los planos
4. El Pliego de Condiciones particulares.
5. El presente Pliego General de Condiciones.
6. Las mediciones y presupuestos.

En las obras que lo requieran, también formarán parte el Estudio de Seguridad y Salud y el Proyecto de Control de Calidad de la Edificación. Deberá incluir las condiciones y delimitación de los campos de actuación de laboratorios y entidades de Control de Calidad, si la obra lo requiriese. Las órdenes e instrucciones de la Dirección facultativa de la obra, se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones. En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS. PLIEGO GENERAL

1.2.1. EPÍGRAFE 1.º DELIMITACION GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS Y DELIMITACIÓN DE FUNCIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES

Artículo 3.- Ámbito de aplicación de la L.O.E.

La Ley de Ordenación de la Edificación es de aplicación al proceso de la edificación, entendiéndose por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los siguientes grupos:

- a) Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural.
- b) Aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.
- c) Todas las demás edificaciones cuyos usos no estén expresamente relacionados en los grupos anteriores.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) la titulación académica y profesional habilitante será la de ingeniero. Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo b) la titulación académica y profesional habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas. Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo c) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas.

EL PROMOTOR

Será Promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decide, impulsa, programa o financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del promotor:

- a) Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- b) Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.

- c) Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- d) Designar al Coordinador de Seguridad y Salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- e) Suscribir los seguros previstos en la Ley de Ordenación de la Edificación.
- f) Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

EL PROYECTISTA

Artículo 4.- Son obligaciones del proyectista (art. 10 de la L.O.E.):

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- c) Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

EL CONSTRUCTOR

Artículo 5.- Son obligaciones del constructor (art. 11 de la L.O.E.):

- a) Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- b) Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- c) Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que, por su titulación o experiencia, deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- d) Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.
- e) Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- f) Elaborar el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del Estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo.

- g) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.
- h) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- i) Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- j) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- k) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Aparejador o Arquitecto Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- l) Custodiar los Libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de Seguridad y Salud y el del Control de Calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.
- m) Facilitar al Aparejador o Arquitecto Técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- n) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- o) Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- p) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- q) Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- r) Facilitar el acceso a la obra a los Laboratorios y Entidades de Control de Calidad contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.
- s) Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el Art. 19 de la L.O.E.

EL DIRECTOR DE OBRA

Artículo 6.- Corresponde al Director de Obra:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.

- b) Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno.
- c) Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- d) Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- e) Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra, siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- f) Coordinar, junto al Aparejador o Arquitecto Técnico, el programa de desarrollo de la obra y el Proyecto de Control de Calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación y a las especificaciones del Proyecto.
- g) Comprobar, junto al Aparejador o Arquitecto Técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por Laboratorios y/o Entidades de Control de Calidad.
- h) Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- i) Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- j) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- k) Asesorar al Promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
- l) Preparar con el Contratista, la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al Promotor.
- m) A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el Libro del Edificio, y será entregada a los usuarios finales del edificio.

EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Artículo 7.- Corresponde al Aparejador o Arquitecto Técnico la dirección de la ejecución de la obra, que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Siendo sus funciones específicas:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el documento de estudio y análisis del Proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.
- c) Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- d) Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Proyecto de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- e) Redactar, cuando se le requiera, el Proyecto de Control de Calidad de la Edificación, desarrollando lo especificado en el Proyecto de Ejecución.
- f) Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Arquitecto y del Constructor.
- g) Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de Seguridad y Salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- h) Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el Plan de Control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda dando cuenta al Arquitecto.
- i) Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- j) Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- k) Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.

- l) Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.
- m) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
- n) Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD

El coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- c) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- d) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- e) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

LAS ENTIDADES Y LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN

Artículo 8.- Las entidades de control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad (art. 14 de la L.O.E.):

- a) Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.

- b) Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

1.2.2. EPÍGRAFE 2.º DE LAS OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Artículo 9.- Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE

Artículo 10.- El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Aparejador o Arquitecto Técnico de la dirección facultativa.

PROYECTO DE CONTROL DE CALIDAD

Artículo 11.- El Constructor tendrá a su disposición el Proyecto de Control de Calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos, marcas de calidad, ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el Proyecto por el Arquitecto o Aparejador de la Dirección facultativa.

OFICINA EN LA OBRA

Artículo 12.- El Constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición de la Dirección Facultativa:

- El Proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el Arquitecto.
- La Licencia de Obras.
- El Libro de Órdenes y Asistencia.
- El Plan de Seguridad y Salud y su Libro de Incidencias, si hay para la obra.
- El Proyecto de Control de Calidad y su Libro de registro, si hay para la obra.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- La documentación de los seguros suscritos por el Constructor.

Dispondrá además el Constructor una oficina para la Dirección facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

REPRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA. JEFE DE OBRA

Artículo 13.- El Constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de Jefe de Obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Serán sus funciones las del Constructor según se especifica en el artículo 5.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el Pliego de "Condiciones particulares de índole facultativa", el Delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El Pliego de Condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el Constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Arquitecto para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR EN LA OBRA

Artículo 14.- El Jefe de Obra, por sí o por medio de sus técnicos o encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Arquitecto o al Aparejador o Arquitecto Técnico, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE

Artículo 15.- Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los Documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Arquitecto dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el Pliego de Condiciones Particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, Promotor, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 del total del presupuesto o en más de un 10 por 100.

INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Artículo 16.- El Constructor podrá requerir del Arquitecto o del Aparejador o Arquitecto Técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto del Aparejador o Arquitecto Técnico como del Arquitecto.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quién la hubiere dictado, el cual dará al Constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCION FACULTATIVA

Artículo 17.- Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones demanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del Arquitecto, ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico del Arquitecto o del Aparejador o Arquitecto Técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Arquitecto, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

RECUSACIÓN POR EL CONTRATISTA DEL PERSONAL NOMBRADO POR EL ARQUITECTO

Artículo 18.- El Constructor no podrá recusar a los Arquitectos, Aparejadores o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

FALTAS DEL PERSONAL

Artículo 19.- El Arquitecto, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

SUBCONTRATAS

Artículo 20.- El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

1.2.3. EPÍGRAFE 3º RESPONSABILIDAD CIVIL DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EDIFICACIÓN

DAÑOS MATERIALES

Artículo 21.- Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación responderán frente a los propietarios y los terceros adquirentes de los edificios o partes de los mismos, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados en el edificio dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

- a) Durante diez años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.
- b) Durante tres años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del art. 3 de la L.O.E.

El constructor también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de un año.

RESPONSABILIDAD CIVIL

Artículo 22.- La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder. No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente.

En todo caso, el promotor responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en el edificio ocasionados por vicios o defectos de construcción.

Sin perjuicio de las medidas de intervención administrativas que en cada caso procedan, la responsabilidad del promotor que se establece en la Ley de Ordenación de la Edificación se extenderá a las personas físicas o jurídicas que, a tenor del contrato o de su intervención decisoria en la promoción, actúen como tales promotores bajo la forma de promotor o gestor de cooperativas o de comunidades de propietarios u otras figuras análogas.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.

Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el constructor subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El director de obra y el director de la ejecución de la obra que suscriban el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la dirección de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.

Cuando la dirección de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso de la edificación, si se prueba que aquellos fueron ocasionados por caso fortuito, fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este artículo se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.

1.2.4. EPÍGRAFE 4.º PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES CAMINOS Y ACCESOS

Artículo 23.- El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra. El Aparejador o Arquitecto Técnico podrá exigir su modificación o mejora.

REPLANTEO

Artículo 24.- El Constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Aparejador o Arquitecto Técnico y una vez esto haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Arquitecto, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

INICIO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Artículo 25.- El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Arquitecto y al Aparejador o Arquitecto Técnico del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

ORDEN DE LOS TRABAJOS

Artículo 26.- En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS

Artículo 27.- De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR

Artículo 28.- Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Arquitecto en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR

Artículo 29.- Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Arquitecto. Para ello, el Constructor expondrá, en escrito dirigido al Arquitecto, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA

Artículo 30.- El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Artículo 31.- Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el Arquitecto o el Aparejador o Arquitecto Técnico al

Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en el artículo 15.

DOCUMENTACIÓN DE OBRAS OCULTAS

Artículo 32.- De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose: uno, al Arquitecto; otro, al Aparejador; y, el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

TRABAJOS DEFECTUOSOS

Artículo 33.- El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones generales y particulares de índole Técnica" del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al Aparejador o Arquitecto Técnico, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Aparejador o Arquitecto Técnico advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Arquitecto de la obra, quien resolverá.

VICIOS OCULTOS

Artículo 34.- Si el Aparejador o Arquitecto Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Arquitecto.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del Constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la Propiedad.

DE LOS MATERIALES Y DE LOS APARATOS. SU PROCEDENCIA

Artículo 35.- El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Aparejador o Arquitecto Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

PRESENTACIÓN DE MUESTRAS

Artículo 36.- A petición del Arquitecto, el Constructor le presentará las muestras de los materiales siempre con la antelación prevista en el Calendario de la Obra.

MATERIALES NO UTILIZABLES

Artículo 37.- El Constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Aparejador o Arquitecto Técnico, pero acordando previamente con el Constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS

Artículo 38.- Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquél, se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Arquitecto a instancias del Aparejador o Arquitecto Técnico, dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los quince (15) días de recibir el Constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Arquitecto, se recibirán pero con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS

Artículo 39.- Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Artículo 40.- Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

OBRAS SIN PRESCRIPCIONES

Artículo 41.- En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

1.2.5. EPÍGRAFE 5.º DE LAS RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS ACTA DE RECEPCIÓN

Artículo 42.- La recepción de la obra es el acto por el cual el constructor una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el constructor, y en la misma se hará constar:

- a) Las partes que intervienen.
- b) La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- c) El coste final de la ejecución material de la obra.

- d) La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- e) Las garantías que, en su caso, se exijan al constructor para asegurar sus responsabilidades.
- f) Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra (arquitecto) y el director de la ejecución de la obra (aparejador) y la documentación justificativa del control de calidad realizado.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

DE LAS RECEPCIONES PROVISIONALES

Artículo 43.- Esta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Constructor, del Arquitecto y del Aparejador o Arquitecto Técnico. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección Facultativa extenderán el correspondiente Certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al Constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

DOCUMENTACIÓN FINAL

Artículo 44.- El Arquitecto, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la Propiedad. Dicha documentación se adjuntará, al acta de recepción, con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el Libro del Edificio, que ha de ser encargada por el promotor, será entregada a los usuarios finales del edificio. A su vez dicha documentación se divide en:

a) DOCUMENTACIÓN DE SEGUIMIENTO DE OBRA

Dicha documentación según el Código Técnico de la Edificación se compone de:

- Libro de órdenes y asistencias de acuerdo con lo previsto en el Decreto 461/1971 de 11 de marzo.
- Libro de incidencias en materia de seguridad y salud, según el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre.
- Proyecto con sus anejos y modificaciones debidamente autorizadas por el director de la obra.
- Licencia de obras, de apertura del centro de trabajo y, en su caso, de otras autorizaciones administrativas.

La documentación de seguimiento será depositada por el director de la obra en el COAG.

b) DOCUMENTACIÓN DE CONTROL DE OBRA

Su contenido cuya recopilación es responsabilidad del director de ejecución de obra, se compone de:

- Documentación de control, que debe corresponder a lo establecido en el proyecto, más sus anejos y modificaciones.
- Documentación, instrucciones de uso y mantenimiento, así como garantías de los materiales y suministros que debe ser proporcionada por el constructor, siendo conveniente recordárselo fehacientemente.
- En su caso, documentación de calidad de las unidades de obra, preparada por el constructor y autorizada por el director de ejecución en su colegio profesional.

c) CERTIFICADO FINAL DE OBRA.

Este se ajustará al modelo publicado en el Decreto 462/1971 de 11 de marzo, del Ministerio de Vivienda, en donde el director de la ejecución de la obra certificará haber dirigido la ejecución material de las obras y controlado cuantitativa y cualitativamente la construcción y la calidad de

lo edificado de acuerdo con el proyecto, la documentación técnica que lo desarrolla y las normas de buena construcción.

El director de la obra certificará que la edificación ha sido realizada bajo su dirección, de conformidad con el proyecto objeto de la licencia y la documentación técnica que lo complementa, hallándose dispuesta para su adecuada utilización con arreglo a las instrucciones de uso y mantenimiento.

Al certificado final de obra se le unirán como anejos los siguientes documentos:

- Descripción de las modificaciones que, con la conformidad del promotor, se hubiesen introducido durante la obra haciendo constar su compatibilidad con las condiciones de la licencia.
- Relación de los controles realizados.

MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA

Artículo 45.- Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Aparejador o Arquitecto Técnico a su medición definitiva, con precisa asistencia del Constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Arquitecto con su firma, servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza (según lo estipulado en el Art. 6 de la L.O.E.).

PLAZO DE GARANTÍA

Artículo 46.- El plazo de garantía deberá estipularse en el Pliego de Condiciones Particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a nueve meses (un año con Contratos de las Administraciones Públicas).

CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE

Artículo 47.- Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA

Artículo 48.- La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

PRORROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA

Artículo 49.- Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Arquitecto-Director marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

DE LAS RECEPCIONES DE TRABAJOS CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA

Artículo 50.- En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en este Pliego de Condiciones. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán definitivamente según lo dispuesto en este Pliego.

Para las obras y trabajos no determinados pero aceptables a juicio del Arquitecto Director, se efectuará una sola y definitiva recepción.

1.3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS. PLIEGO GENERAL**1.3.1. EPÍGRAFE 1.º PRINCIPIO GENERAL**

Artículo 51.- Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas. La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

1.3.2. EPÍGRAFE 2.º FIANZAS

Artículo 52.- El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- a) Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4 por 100 y el 10 por 100 del precio total de contrata.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares.

FIANZA EN SUBASTA PÚBLICA

Artículo 53.- En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra, de un cuatro por ciento (4 por 100) como mínimo, del total del Presupuesto de contrata.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta o el que se determine en el Pliego de Condiciones Particulares del Proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el diez por cien (10 por 100) de la cantidad por la que se haga la adjudicación de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el Pliego de Condiciones particulares, no excederá de treinta días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

EJECUCIÓN DE TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA

Artículo 54.- Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Arquitecto Director, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

DEVOLUCIÓN DE FIANZAS

Artículo 55.- La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta (30) días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES

Artículo 56.- Si la propiedad, con la conformidad del Arquitecto Director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

1.3.3. EPÍGRAFE 3.º COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Artículo 57.- El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- a) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración pública este porcentaje se establece entre un 13 por 100 y un 17 por 100).

Beneficio industrial:

El beneficio industrial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas en obras para la Administración.

Precio de ejecución material:

Se denominará Precio de Ejecución material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial.

Precio de Contrata:

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los Indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA se aplica sobre esta suma (precio de contrata) pero no integra el precio.

PRECIOS DE CONTRATA. IMPORTE DE CONTRATA

Artículo 58.- En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja, se entiende por Precio de contrata al que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento (%) sobre este último precio en concepto de Beneficio Industrial del Contratista. El beneficio se estima normalmente, en 6 por 100, salvo que en las Condiciones Particulares se establezca otro distinto.

PRECIOS CONTRADICTORIOS

Artículo 59.- Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Arquitecto decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Arquitecto y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

RECLAMACIÓN DE AUMENTO DE PRECIOS

Artículo 60.- Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O DE APLICAR LOS PRECIOS

Artículo 61.- En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obras ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Técnicas y en segundo lugar, al Pliego de Condiciones Particulares Técnicas.

DE LA REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS

Artículo 62.- Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al tres por 100 (3 por 100) del importe total del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 por 100.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

ACOPIO DE MATERIALES

Artículo 63.- El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

1.3.4. EPÍGRAFE 4.º OBRAS POR ADMINISTRACIÓN

Artículo 64.- Se denominan Obras por Administración aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por si o por un representante suyo o bien por mediación de un constructor.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

- a) Obras por administración directa.
- b) Obras por administración delegada o indirecta.

OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA

Artículo 65.- Se denominan "Obras por Administración directa" aquellas en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio Arquitecto-Director, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en estas obras el constructor, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quien reúne en sí, por tanto, la doble personalidad de propietario y Contratista.

OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DELEGADA O INDIRECTA

Artículo 66.- Se entiende por "Obra por Administración delegada o indirecta" la que conviene un Propietario y un Constructor para que éste, por cuenta de aquél y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Son, por tanto, características peculiares de las "Obras por Administración delegada o Indirecta" las siguientes:

- a) Por parte del Propietario, la obligación de abonar directamente o por mediación del Constructor todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos, reservándose el Propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí o por medio del Arquitecto-Director en su representación, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.
- b) Por parte del Constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y, en suma, todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo por ello del Propietario un tanto por ciento (%) prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el Constructor.

LIQUIDACIÓN DE OBRAS POR ADMINISTRACIÓN

Artículo 67.- Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan en las "Condiciones particulares de índole económica" vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el

Constructor al Propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresan los documentos siguientes todos ellos conformados por el Aparejador o Arquitecto Técnico:

- a) Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.
- b) Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada oficio, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.
- c) Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o de retirada de escombros.
- d) Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el Constructor, ya que su abono es siempre de cuenta del Propietario.

A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el Constructor se le aplicará, a falta de convenio especial, un quince por ciento (15 por 100), entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los Gastos Generales que al Constructor originen los trabajos por administración que realiza y el Beneficio Industrial del mismo.

ABONO AL CONSTRUCTOR DE LAS CUENTAS DE ADMINISTRACIÓN DELEGADA

Artículo 68.- Salvo pacto distinto, los abonos al Constructor de las cuentas de Administración delegada los realizará el Propietario mensualmente según las partes de trabajos realizados aprobados por el propietario o por su delegado representante. Independientemente, el Aparejador o Arquitecto Técnico redactará, con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al Constructor salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

NORMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES Y APARATOS

Artículo 69.- No obstante, las facultades que en estos trabajos por Administración delegada se reserva el Propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al Constructor se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar al Propietario, o en su representación al Arquitecto-

Director, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

DEL CONSTRUCTOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS OBREROS

Artículo 70.- Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Arquitecto-Director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Arquitecto- Director.

Si hecha esta notificación al Constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del quince por ciento (15 por 100) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

RESPONSABILIDADES DEL CONSTRUCTOR

Artículo 71.- En los trabajos de "Obras por Administración delegada", el Constructor solo será responsable de los efectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. En cambio, y salvo lo expresado en el artículo 70 precedente, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales y aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el Constructor está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

1.3.5. EPÍGRAFE 5.º VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS

FORMAS DE ABONO DE LAS OBRAS

Artículo 72.- Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el Pliego Particular de Condiciones económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

1. Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
2. Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra. Este precio por unidad de obra es invariable y se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas. Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.
3. Tanto variable por unidad de obra. Según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las Órdenes del Arquitecto-Director. Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.
4. Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente "Pliego General de Condiciones económicas" determina.
5. Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES

Artículo 73.- En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los "Pliegos de Condiciones Particulares" que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Aparejador. Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente "Pliego General de Condiciones económicas" respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación se le facilitarán por el Aparejador los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, el Arquitecto-Director aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Arquitecto-Director en la forma referida en los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales".

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Arquitecto-Director la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la construcción de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el noventa por ciento (90 por 100) de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el Arquitecto-Director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS

Artículo 74.- Cuando el Contratista, incluso con autorización del Arquitecto-Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Arquitecto-Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponder en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA

Artículo 75.- Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole económica", vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- a) Si existen precios contratados para unidades de obras iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el Arquitecto-Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de seguirse

para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

ABONO DE AGOTAMIENTOS Y OTROS TRABAJOS ESPECIALES NO CONTRATADOS

Artículo 76.- Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquier índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el Propietario por separado de la Contrata. Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por ciento del importe total que, en su caso, se especifique en el Pliego de Condiciones Particulares.

PAGOS

Artículo 77.- Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Arquitecto-Director, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA

Artículo 78.- Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1. Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo; y el Arquitecto-Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
2. Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
3. Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

1.3.6. EPÍGRAFE 6.º INDEMNIZACIONES MUTUAS INDEMNIZACIÓN POR RETRASO DEL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS

Artículo 79.- La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de obra, salvo lo dispuesto en el Pliego Particular del presente proyecto. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

DEMORA DE LOS PAGOS POR PARTE DEL PROPIETARIO

Artículo 80.- Si el propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un cinco por ciento (5%) anual (o el que se defina en el Pliego Particular), en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación. Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

1.3.7. EPÍGRAFE 7.º VARIOS. MEJORAS, AUMENTOS Y/O REDUCCIONES DE OBRA.

Artículo 81.- No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Arquitecto-Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto a menos que el Arquitecto-Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Arquitecto-Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS, PERO ACEPTABLES

Artículo 82.- Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Arquitecto-Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

SEGURO DE LAS OBRAS

Artículo 83.- El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Arquitecto-Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Además, se han de establecer garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción, según se describe en el Art. 81, en base al Art. 19 de la L.O.E.

CONSERVACIÓN DE LA OBRA

Artículo 84.- Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Arquitecto-Director, en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Arquitecto-Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

USO POR EL CONTRATISTA DE EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO

Artículo 85.- Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

PAGO DE ARBITRIOS

Artículo 86.- El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo de la contrata, siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario.

GARANTÍAS POR DAÑOS MATERIALES OCASIONADOS POR VICIOS Y DEFECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Artículo 87.- El régimen de garantías exigibles para las obras de edificación se hará efectivo de acuerdo con la obligatoriedad que se establece en la L.O.E. (el apartado c) exigible para edificios cuyo destino principal sea el de vivienda según disposición adicional segunda de la L.O.E.), teniendo como referente a las siguientes garantías:

- a) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante un año, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras, que podrá ser sustituido por la retención por el promotor de un 5% del importe de la ejecución material de la obra.
- b) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante tres años, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad especificados en el art. 3 de la L.O.E.
- c) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante diez años, el resarcimiento de los daños materiales causados por vicios o defectos que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y estabilidad del edificio.

2. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES. PLIEGO PARTICULAR

2.1. PRESCRIPCIONES SOBRE MATERIALES. PLIEGO PARTICULAR

2.1.1. EPÍGRAFE 1.º CONDICIONES GENERALES

Artículo 1.- Calidad de los materiales.

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Artículo 2.- Pruebas y ensayos de materiales.

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad.

Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

Artículo 3.- Materiales no consignados en proyecto.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Artículo 4.- Condiciones generales de ejecución.

Todos los trabajos, incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones de la Edificación de la Dirección General de Arquitectura de 1960, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo por tanto servir de pretexto al contratista la baja subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

2.1.2. EPÍGRAFE 2.º CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES**Artículo 5.- Materiales para hormigones y morteros.****5.1. Áridos.****5.1.1. Generalidades.**

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las restantes características que se exijan a éste en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, machacados u otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso, cumplirá las condiciones de la EHE.

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o se vayan a emplear para otras aplicaciones distintas de las ya sancionadas por la práctica, se realizarán ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos, según convengan a cada caso.

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7243.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Se entiende por "arena" o "árido fino" al árido fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm. de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050); por "grava" o "árido grueso" el que resulta detenido por dicho tamiz; y por "árido total" (o simplemente "árido" cuando no hay lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

5.1.2. Limitación de tamaño.

Cumplirá las condiciones señaladas en la instrucción EHE.

5.2. Agua para amasado.

Habrà de cumplir las siguientes prescripciones:

- Acidez tal que el pH sea mayor de 5. (UNE 7234:71).
- Sustancias solubles, menos de quince gramos por litro (15 gr./l.), según NORMA UNE 7130:58.
- Sulfatos expresados en SO₄, menos de un gramo por litro (1 gr.A.) según ensayo de NORMA 7131:58.
- Ión cloro para hormigón con armaduras, menos de 6 gr./l., según NORMA UNE 7178:60.

- Grasas o aceites de cualquier clase, menos de quince gramos por litro (15 gr./l.). (UNE 7235).
- Carencia absoluta de azúcares o carbohidratos según ensayo de NORMA UNE 7132:58.
- Demás prescripciones de la EHE.

5.3. Aditivos.

Se definen como aditivos a emplear en hormigones y morteros aquellos productos sólidos o líquidos, excepto cemento, áridos o agua que mezclados durante el amasado modifican o mejoran las características del mortero u hormigón en especial en lo referente al fraguado, endurecimiento, plasticidad e incluso de aire.

Se establecen los siguientes límites:

- Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor del dos por ciento (2%) en peso del cemento y si se trata de hormigonar con temperaturas muy bajas, del tres y medio por ciento (3,5%) del peso del cemento.
- Si se usan aireantes para hormigones normales su proporción será tal que la disminución de residentes a compresión producida por la inclusión del aireante sea inferior al veinte por ciento (20%). En ningún caso la proporción de aireante será mayor del cuatro por ciento (4%) del peso en cemento.
- En caso de empleo de colorantes, la proporción será inferior al diez por ciento del peso del cemento. No se emplearán colorantes orgánicos.
- Cualquier otro que se derive de la aplicación de la EHE.

5.4. Cemento.

Se entiende como tal, un aglomerante, hidráulico que responda a alguna de las definiciones del pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos R.C. 03. B.O.E. 16.01.04. Podrá almacenarse en sacos o a granel. En el primer caso, el almacén protegerá contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacenara a granel, no podrán mezclarse en el mismo sitio cementos de distintas calidades y procedencias.

Se exigirá al contratista la realización de ensayos que demuestren de modo satisfactorio que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en el plazo máximo de 8 días. Los métodos de ensayo serán los detallados en el citado "Pliego General de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos." Se realizarán en laboratorios homologados. Se tendrá en cuenta prioritariamente las determinaciones de la Instrucción EHE.

Artículo 6.- Acero.**6.1. Acero de alta adherencia en redondos para armaduras.**

Se aceptarán aceros de alta adherencia que lleven el sello de conformidad CIETSID homologado por el M.O.P.U.

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán ovalaciones, grietas, sopladuras, ni mermas de sección superiores al cinco por ciento (5%).

El módulo de elasticidad será igual o mayor de dos millones cien mil kilogramos por centímetro cuadrado (2.100.000 kg./cm²). Entendiendo por límite elástico la mínima tensión capaz de producir una deformación permanente de dos décimas por ciento (0.2%). Se prevé el acero de límite elástico 4.200 kg./cm², cuya carga de rotura no será inferior a cinco mil doscientos cincuenta (5.250 kg./cm²) Esta tensión de rotura es el valor de la ordenada máxima del diagrama tensión deformación. Se tendrá en cuenta prioritariamente las determinaciones de la Instrucción EHE.

6.2. Acero laminado.

El acero empleado en los perfiles de acero laminado será de los tipos establecidos en la norma UNE EN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general) , también se podrán utilizar los aceros establecidos por las normas UNE EN 10210-1:1994 relativa a perfiles huecos para la construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grano fino, y en la UNE EN 10219-1:1998, relativa a secciones huecas de acero estructural conformadas en frío.

En cualquier caso, se tendrán en cuenta las especificaciones del artículo 4.2 del DB SE-A Seguridad Estructural Acero del CTE. Los perfiles vendrán con su correspondiente identificación de fábrica, con señales indelebles para evitar confusiones. No presentarán grietas, ovalaciones, sopladuras ni mermas de sección superiores al cinco por ciento (5%).

Artículo 7.- Materiales auxiliares de hormigones.**7.1. Productos para curado de hormigones.**

Se definen como productos para curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una película impermeable sobre la superficie del hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporización.

El color de la capa protectora resultante será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción del calor solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante siete días al menos después de una aplicación.

7.2. Desencofrantes.

Se definen como tales a los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre éstos y el hormigón, facilitando la labor de desmoldeo. El empleo de éstos productos deberá ser expresamente autorizado sin cuyo requisito no se podrán utilizar.

Artículo 8.- Encofrados y cimbras.**8.1. Encofrados en muros.**

Podrán ser de madera o metálicos, pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima debida al empuje del hormigón fresco sea inferior a un centímetro respecto a la superficie teórica de acabado. Para medir estas deformaciones se aplicará sobre la superficie desencofrada una regla metálica de 2 m. de longitud, recta si se trata de una superficie plana, o curva si ésta es reglada.

Los encofrados para hormigón visto necesariamente habrán de ser de madera.

Artículo 9.- Aglomerantes excluido cemento.**9.1. Cal hidráulica.**

Cumplirá las siguientes condiciones:

- Peso específico comprendido entre dos enteros y cinco décimas y dos enteros y ocho décimas.
- Densidad aparente superior a ocho décimas.
- Pérdida de peso por calcinación al rojo blanco menor del doce por ciento.
- Fraguado entre nueve y treinta horas.
- Residuo de tamiz cuatro mil novecientas mallas menor del seis por ciento.
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los siete días superior a ocho kilogramos por centímetro cuadrado. Curado de la probeta un día al aire y el resto en agua.
- Resistencia a la tracción del mortero normal a los siete días superior a cuatro kilogramos por centímetro cuadrado. Curado por la probeta un día al aire y el resto en agua.
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los veintiocho días superior a ocho kilogramos por centímetro cuadrado y también superior en dos kilogramos por centímetro cuadrado a la alcanzada al séptimo día.

9.2. Yeso negro.

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

- El contenido en sulfato cálcico semihidratado ($\text{SO}_4\text{Ca}/2\text{H}_2\text{O}$) será como mínimo del cincuenta por ciento en peso.

- El fraguado no comenzará antes de los dos minutos y no terminará después de los treinta minutos.
- En tamiz 0.2 UNE 7050 no será mayor del veinte por ciento.
- En tamiz 0.08 UNE 7050 no será mayor del cincuenta por ciento.
- Las probetas prismáticas 4-4-16 cm. de pasta normal ensayadas a flexión con una separación entre apoyos de 10.67 cm. resistirán una carga central de ciento veinte kilogramos como mínimo.
- La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo setenta y cinco kilogramos por centímetros cuadrado.

La toma de muestras se efectuará como mínimo en un tres por ciento de los casos mezclando el yeso procedente de los diversos hasta obtener por cuarteo una muestra de 10 kg. como mínimo una muestra. Los ensayos se efectuarán según las normas UNE 7064 y 7065.

Artículo 10.- Materiales de cubierta.

10.1. Impermeabilizantes.

Las láminas impermeabilizantes podrán ser bituminosas, plásticas o de caucho. Las láminas y las imprimaciones deberán llevar una etiqueta identificativa indicando la clase de producto, el fabricante, las dimensiones y el peso por metro cuadrado. Dispondrán de Sello INCEENOR y de homologación MICT, o de un sello o certificación de conformidad incluida en el registro del CTE del Ministerio de la Vivienda.

Podrán ser bituminosos ajustándose a uno de los sistemas aceptados por el DB correspondiente del CTE, cuyas condiciones cumplirá, o, no bituminosos o bituminosos modificados teniendo concedido Documento de Idoneidad Técnica de I.E.T.C.C. cumpliendo todas sus condiciones.

Artículo 11.- Pintura.

11.1. Pintura al temple.

Estará compuesta por una cola disuelta en agua y un pigmento mineral finamente disperso con la adición de un antifermento tipo formol para evitar la putrefacción de la cola. Los pigmentos a utilizar podrán ser:

- Blanco de Cinc que cumplirá la Norma UNE 48041.
- Litopón que cumplirá la Norma UNE 48040.
- Bióxido de Titanio tipo anatasa según la Norma UNE 48044.

También podrán emplearse mezclas de estos pigmentos con carbonato cálcico y sulfato básico. Estos dos últimos productos considerados como cargas no podrán entrar en una proporción mayor del veinticinco por ciento del peso del pigmento.

11.2. Pintura plástica.

Está compuesta por un vehículo formado por barniz adquirido y los pigmentos están constituidos de bióxido de titanio y colores resistentes.

2.2. PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA Y PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO. MANTENIMIENTO PLIEGO PARTICULAR.

2.2.1. EPÍGRAFE 3.º CONDICIONES QUE HA DE CUMPLIR LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Artículo 12.- Movimiento de tierras.

12.1. Explanación y préstamos.

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar, evacuar, rellenar y nivelar el terreno así como las zonas de préstamos que puedan necesitarse y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

12.1.1. Ejecución de las obras.

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavaciones ajustándose a las alienaciones pendientes dimensiones y demás información contenida en los planos. La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, que no se hubiera extraído en el desbroce se aceptará para su utilización posterior en protección de superficies erosionables.

En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación, excepción hecha de la tierra vegetal, se podrán utilizar en la formación de rellenos y demás usos fijados en este Pliego y se transportarán directamente a las zonas previstas dentro del solar, o vertedero si no tuvieran aplicación dentro de la obra.

En cualquier caso, no se desechará ningún material excavado sin previa autorización.

Durante las diversas etapas de la construcción de la explanación, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje.

El material excavado no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

Las operaciones de desbroce y limpieza se efectuarán con las precauciones necesarias, para evitar daño a las construcciones colindantes y existentes. Los árboles a derribar caerán hacia el centro de la zona objeto de la limpieza, acotándose las zonas de vegetación o arbolado destinadas a permanecer en su sitio.

Todos los tocones y raíces mayores de 10 cm. de diámetro serán eliminadas hasta una profundidad no inferior a 50 cm., por debajo de la rasante de excavación y no menor de 15 cm. por debajo de la superficie natural del terreno.

Todos los huecos causados por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al existente, compactándose hasta que su superficie se ajuste al nivel pedido.

No existe obligación por parte del constructor de trocear la madera a longitudes inferiores a tres metros.

La ejecución de estos trabajos se realizará produciendo las menores molestias posibles a las zonas habitadas próximas al terreno desbrozado.

12.1.2. Medición y abono.

La excavación de la explanación se abonará por metros cúbicos realmente excavados medidos por diferencia entre los datos iniciales tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos y los datos finales, tomados inmediatamente después de concluidos. La medición se hará sobre los perfiles obtenidos.

12.2. Excavación en zanjas y pozos.

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir emplazamiento adecuado para las obras de fábrica y estructuras, y sus cimentaciones; comprenden zanjas de drenaje u otras análogas. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

12.2.1. Ejecución de las obras.

El contratista de las obras notificará con la antelación suficiente, el comienzo de cualquier excavación, a fin de que se puedan efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación no se modificará ni renovará sin autorización.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en que aparezca el firme y obtenerse una superficie limpia y firme, a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, la Dirección Facultativa podrá modificar la profundidad, si la vista de las condiciones del terreno lo estimara necesario a fin de conseguir una cimentación satisfactoria.

El replanteo se realizará de tal forma que existirán puntos fijos de referencia, tanto de cotas como de nivel, siempre fuera del área de excavación.

Se llevará en obra un control detallado de las mediciones de la excavación de las zanjas.

El comienzo de la excavación de zanjas se realizará cuando existan todos los elementos necesarios para su excavación, incluido la madera para una posible entibación.

La Dirección Facultativa indicará siempre la profundidad de los fondos de la excavación de la zanja, aunque sea distinta a la de Proyecto, siendo su acabado limpio, a nivel o escalonado.

La Contrata deberá asegurar la estabilidad de los taludes y paredes verticales de todas las excavaciones que realice, aplicando los medios de entibación, apuntalamiento, apeo y protección superficial del terreno, que considere necesario, a fin de impedir desprendimientos, derrumbamientos y deslizamientos que pudieran causar daño a personas o a las obras, aunque tales medios no estuvieran definidos en el Proyecto, o no hubiesen sido ordenados por la Dirección Facultativa.

La Dirección Facultativa podrá ordenar en cualquier momento la colocación de entibaciones, apuntalamientos, apeos y protecciones superficiales del terreno.

Se adoptarán por la Contrata todas las medidas necesarias para evitar la entrada del agua, manteniendo libre de la misma la zona de excavación, colocándose ataguías, drenajes, protecciones, cunetas, canaletas y conductos de desagüe que sean necesarios.

Las aguas superficiales deberán ser desviadas por la Contrata y canalizadas antes de que alcancen los taludes, las paredes y el fondo de la excavación de la zanja. El fondo de la zanja deberá quedar libre de tierra, fragmentos de roca, roca alterada, capas de terreno inadecuado o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia. Se limpiarán las grietas y hendiduras, rellenándose con material compactado u hormigón.

La separación entre el tajo de la máquina y la entibación no será mayor de vez y media la profundidad de la zanja en ese punto. En el caso de terrenos meteorizables o erosionables por viento o lluvia, las zanjas nunca permanecerán abiertas más de 8 días, sin que sean protegidas o finalizados los trabajos. Una vez alcanzada la cota inferior de la excavación de la zanja para cimentación, se hará una revisión general de las edificaciones medianeras, para observar si se han producido desperfectos y tomar las medidas pertinentes.

Mientras no se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondos de la zanja, se conservarán las entibaciones, apuntalamientos y apeos que hayan sido necesarios, así como las vallas, cerramientos y demás medidas de protección.

Los productos resultantes de la excavación de las zanjas, que sean aprovechables para un relleno posterior, se podrán depositar en montones situados a un solo lado de la zanja, y a una separación del borde de la misma de 0,60 m. como mínimo, dejando libres, caminos, aceras, cunetas, acequias y demás pasos y servicios existentes.

12.2.2. Preparación de cimentaciones.

La excavación de cimientos se profundizará hasta el límite indicado en el proyecto. Las corrientes o aguas pluviales o subterráneas que pudieran presentarse se cegarán o desviarán en la forma y empleando los medios convenientes.

Antes de proceder al vertido del hormigón y la colocación de las armaduras de cimentación, se dispondrá de una capa de hormigón pobre de diez centímetros de espesor debidamente nivelada.

El importe de esta capa de hormigón se considera incluido en los precios unitarios de cimentación.

12.2.3. Medición y abono.

La excavación en zanjas o pozos se abonará por metros cúbicos realmente excavados medidos por diferencia entre los datos iniciales tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos y los datos finales tomados inmediatamente después de finalizados los mismos.

12.3. Relleno y apisonado de zanjas de pozos.

Consiste en la extensión o compactación de materiales terrosos, procedentes de excavaciones anteriores o préstamos para relleno de zanjas y pozos.

12.3.1. Extensión y compactación.

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga en todo el mismo grado de compactación exigido.

La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del dos por ciento. Una vez extendida la tongada, se procederá a la humectación si es necesario.

El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan de los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas procediendo incluso a la desecación por oreo, o por adición de mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas (cal viva, etc.).

Conseguida la humectación más conveniente, posteriormente se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su composición. Si ello no es factible el tráfico que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se distribuirá de forma que se concentren rodadas en superficie.

Si el relleno tuviera que realizarse sobre terreno natural, se realizará en primer lugar el desbroce y limpieza del terreno, se seguirá con la excavación y extracción de material inadecuado en la profundidad requerida por el Proyecto, escarificándose posteriormente el terreno para conseguir la debida trabazón entre el relleno y el terreno.

Cuando el relleno se asiente sobre un terreno que tiene presencia de aguas superficiales o subterráneas, se desviarán las primeras y se captarán y conducirán las segundas, antes de comenzar la ejecución.

Si los terrenos fueran inestables, apareciera turba o arcillas blandas, se asegurará la eliminación de este material o su consolidación.

Una vez extendida la tongada se procederá a su humectación si es necesario, de forma que el humedecimiento sea uniforme.

El relleno del trasdós de los muros se realizará cuando éstos tengan la resistencia requerida y no antes de los 21 días si es de hormigón.

Después de haber llovido no se extenderá una nueva tongada de relleno o terraplén hasta que la última se haya secado, o se escarificará añadiendo la siguiente tongada más seca, hasta conseguir que la humedad final sea la adecuada.

Si por razones de sequedad hubiera que humedecer una tongada se hará de forma uniforme, sin que existan encharcamientos.

Se pararán los trabajos de terraplenado cuando la temperatura descienda de 2º C.

12.3.2. Medición y Abono.

Las distintas zonas de los rellenos se abonarán por metros cúbicos realmente ejecutados medidos por diferencia entre los datos iniciales tomados inmediatamente antes de iniciarse los trabajos y los datos finales, tomados inmediatamente después de compactar el terreno.

Artículo 13.- Hormigones.

13.1. Dosificación de hormigones.

Corresponde al contratista efectuar el estudio granulométrico de los áridos, dosificación de agua y consistencia del hormigón de acuerdo con los medios y puesta en obra que emplee en cada caso, y siempre cumpliendo lo prescrito en la EHE.

13.2. Fabricación de hormigones.

En la confección y puesta en obra de los hormigones se cumplirán las prescripciones generales de la INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE). REAL DECRETO 2661/1998, de 11-DIC, del Ministerio de Fomento.

Los áridos, el agua y el cemento deberán dosificarse automáticamente en peso. Las instalaciones de dosificación, lo mismo que todas las demás para la fabricación y puesta en obra del hormigón habrán de someterse a lo indicado.

Las tolerancias admisibles en la dosificación serán del dos por ciento para el agua y el cemento, cinco por ciento para los distintos tamaños de áridos y dos por ciento para el árido total. En la consistencia del hormigón admitirá una tolerancia de veinte milímetros medida con el cono de Abrams.

La instalación de hormigonado será capaz de realizar una mezcla regular e íntima de los componentes proporcionando un hormigón de color y consistencia uniforme.

En la hormigonera deberá colocarse una placa, en la que se haga constar la capacidad y la velocidad en revoluciones por minuto recomendadas por el fabricante, las cuales nunca deberán sobrepasarse.

Antes de introducir el cemento y los áridos en el mezclador, este se habrá cargado de una parte de la cantidad de agua requerida por la masa completándose la dosificación de este elemento en un periodo de tiempo que no deberá ser inferior a cinco segundos ni superior a la tercera parte del tiempo de mezclado, contados a partir del momento en que el cemento y los áridos se han introducido en el mezclador. Antes de volver a cargar de nuevo la hormigonera se vaciará totalmente su contenido.

No se permitirá volver a amasar en ningún caso hormigones que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, áridos y agua.

13.3. Mezcla en obra.

La ejecución de la mezcla en obra se hará de la misma forma que la señalada para la mezcla en central.

13.4. Transporte de hormigón.

El transporte desde la hormigonera se realizará tan rápidamente como sea posible. En ningún caso se tolerará la colocación en obra de hormigones que acusen un principio de fraguado o presenten cualquier otra alteración.

Al cargar los elementos de transporte no debe formarse con las masas montones cónicos, que favorecerían la segregación.

Cuando la fabricación de la mezcla se haya realizado en una instalación central, su transporte a obra deberá realizarse empleando camiones provistos de agitadores.

13.5. Puesta en obra del hormigón.

Como norma general no deberá transcurrir más de una hora entre la fabricación del hormigón, su puesta en obra y su compactación.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a un metro, quedando prohibido el arrojarlo con palas a gran distancia, distribuirlo con rastrillo, o hacerlo avanzar más de medio metro de los encofrados.

Al verter el hormigón se removerá enérgica y eficazmente para que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en que se reúne gran cantidad de acero, y procurando que se mantengan los recubrimientos y la separación entre las armaduras.

En losas, el extendido del hormigón se ejecutará de modo que el avance se realice en todo su espesor.

En vigas, el hormigonado se hará avanzando desde los extremos, llenándolas en toda su altura y procurando que el frente vaya recogido, para que no se produzcan segregaciones y la lechada escurra a lo largo del encofrado.

13.6. Compactación del hormigón.

La compactación de hormigones deberá realizarse por vibración. Los vibradores se aplicarán siempre de modo que su efecto se extienda a toda la masa, sin que se produzcan segregaciones.

Si se emplean vibradores internos, deberán sumergirse longitudinalmente en la tongada subyacente y retirarse también longitudinalmente sin desplazarlos transversalmente mientras estén sumergidos en el hormigón. La aguja se introducirá y retirará lentamente, y a velocidad constante, recomendándose a este efecto que no se superen los 10 cm /s, con cuidado de que la aguja no toque las armaduras. La distancia entre los puntos sucesivos de inmersión no será superior a 75 cm, y será la adecuada para producir en toda la superficie de la masa vibrada una humectación brillante, siendo preferible vibrar en pocos puntos prolongadamente. No se introducirá el vibrador a menos de 10 cm de la pared del encofrado.

13.7. Curado de hormigón.

Durante el primer período de endurecimiento se someterá al hormigón a un proceso curado según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climatológicas del lugar.

En cualquier caso, deberá mantenerse la humedad del hormigón y evitarse todas las causas tanto externas, como sobrecarga o vibraciones, que puedan provocar la fisuración del elemento hormigonado. Una vez humedecido el hormigón se mantendrán húmedas sus superficies, mediante arpilleras, esterillas de paja u otros tejidos análogos durante tres días si el conglomerante empleado fuese cemento Portland I-35, aumentándose este plazo en el caso de que el cemento utilizado fuese de endurecimiento más lento.

13.8. Juntas en el hormigonado.

Las juntas podrán ser de hormigonado, contracción o dilatación, debiendo cumplir lo especificado en los planos.

Se cuidará que las juntas creadas por las interrupciones en el hormigonado queden normales a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión, o donde sus efectos sean menos perjudiciales.

Cuando sean de temer los efectos debidos a la retracción, se dejarán juntas abiertas durante algún tiempo, para que las masas contiguas puedan deformarse libremente. El ancho de tales juntas deberá ser el necesario para que, en su día, puedan hormigonarse correctamente.

Al reanudar los trabajos se limpiará la junta de toda suciedad, lechada o árido que haya quedado suelto, y se humedecerá su superficie sin exceso de agua, aplicando en toda su superficie lechada de cemento antes de verter el nuevo hormigón. Se procurará alejar las juntas de hormigonado de las zonas en que la armadura esté sometida a fuertes tracciones.

13.9. Terminación de los paramentos vistos.

Si no se prescribe otra cosa, la máxima flecha o irregularidad que pueden presentar los paramentos planos, medida respecto a una regla de dos (2) metros de longitud aplicada en cualquier dirección será la siguiente:

- Superficies vistas: seis milímetros (6 mm).
- Superficies ocultas: veinticinco milímetros (25 mm).

13.10. Limitaciones de ejecución.

El hormigonado se suspenderá, como norma general, en caso de lluvias, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada de la lluvia a las masas de hormigón fresco o lavado de superficies. Si esto llegara a ocurrir, se habrá de picar la superficie lavada, regarla y continuar el hormigonado después de aplicar lechada de cemento.

Antes de hormigonar:

- Replanteo de ejes, cotas de acabado...
- Colocación de armaduras
- Limpieza y humedecido de los encofrados

Durante el hormigonado:

- El vertido se realizará desde una altura máxima de 1 m, salvo que se utilicen métodos de bombeo a distancia que impidan la segregación de los componentes del hormigón. Se realizará por tongadas de 30 cm. Se vibrará sin que las armaduras ni los encofrados experimenten movimientos bruscos o sacudidas, cuidando de que no queden coqueras y se mantenga el recubrimiento adecuado.
- Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura descienda de 0°C, o lo vaya a hacer en las próximas 48 h. Se podrán utilizar medios especiales para esta circunstancia, pero bajo la autorización de la D.F.
- No se dejarán juntas horizontales, pero si a pesar de todo se produjesen, se procederá a la limpieza, rascado o picado de superficies de contacto, vertiendo a continuación mortero rico en cemento, y hormigonado seguidamente. Si hubiesen transcurrido más de 48 h se tratará la junta con resinas epoxi.
- No se mezclarán hormigones de distintos tipos de cemento.

Después del hormigonado:

- El curado se realizará manteniendo húmedas las superficies de las piezas hasta que se alcance un 70% de su resistencia.
- Se procederá al desencofrado en las superficies verticales pasados 7 días, y de las horizontales no antes de los 21 días. Todo ello siguiendo las indicaciones de la D.F.

13.11. Medición y Abono.

El hormigón se medirá y abonará por metro cúbico realmente vertido en obra, midiendo entre caras interiores de encofrado de superficies vistas. En las obras de cimentación que no necesiten encofrado se medirá entre caras de terreno excavado. En el caso de que en el Cuadro de Precios la unidad de hormigón se exprese por metro cuadrado como es el caso de soleras, forjado, etc., se medirá de esta forma por metro cuadrado realmente ejecutado, incluyéndose en las mediciones todas las desigualdades y aumentos de espesor debidas a las diferencias de la capa inferior. Si en el Cuadro de Precios se indicara que está incluido el encofrado, acero, etc., siempre se considerará la misma medición del hormigón por metro cúbico o por metro cuadrado. En el precio van incluidos siempre los servicios y costos de curado de hormigón.

Artículo 14.- Morteros.**14.1. Dosificación de morteros.**

Se fabricarán los tipos de morteros especificados en las unidades de obra, indicándose cuál ha de emplearse en cada caso para la ejecución de las distintas unidades de obra.

14.2. Fabricación de morteros.

Los morteros se fabricarán en seco, continuándose el batido después de verter el agua en la forma y cantidad fijada, hasta obtener una plasta homogénea de color y consistencia uniforme sin palomillas ni grumos.

14.3. Medición y abono.

El mortero suele ser una unidad auxiliar y, por tanto, su medición va incluida en las unidades a las que sirve: fábrica de ladrillos, enfoscados, pavimentos, etc. En algún caso excepcional se medirá y abonará por metro cúbico, obteniéndose su precio del Cuadro de Precios si lo hay u obteniendo un nuevo precio contradictorio.

Artículo 15.- Encofrados.**15.1. Construcción y montaje.**

Tanto las uniones como las piezas que constituyen los encofrados deberán poseer la resistencia y la rigidez necesarias para que con la marcha prevista de hormigonado y especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el sistema de compactación exigido o adoptado, no se originen esfuerzos anormales en el hormigón, ni durante su puesta en obra, ni durante su periodo de endurecimiento, así como tampoco movimientos locales en los encofrados superiores a los 5 mm.

Los enlaces de los distintos elementos o planos de los moldes serán sólidos y sencillos, de modo que su montaje se verifique con facilidad.

Los encofrados de los elementos rectos o planos de más de 6 m de luz libre se dispondrán con la contra flecha necesaria para que, una vez encofrado y cargado el elemento, este conserve una ligera cavidad en el intradós.

Los moldes ya usados, y que vayan a servir para unidades repetidas serán cuidadosamente rectificadas y limpiados.

Los encofrados de madera se humedecerán antes del hormigonado, a fin de evitar la absorción del agua contenida en el hormigón, y se limpiarán especialmente los fondos dejándose aberturas provisionales para facilitar esta labor.

Las juntas entre las distintas tablas deberán permitir el entumecimiento de las mismas por la humedad del riego y del hormigón, sin que, sin embargo, dejen escapar la plasta durante el hormigonado, para lo cual se podrá realizar un sellado adecuado.

15.2. Planos de la estructura y de despiece de los encofrados.

15.2.1. Confección de las diversas partes del encofrado.

Montaje según un orden determinado según sea la pieza a hormigonar: si es un muro primero se coloca una cara, después la armadura y, por último, la otra cara; si es en pilares, primero la armadura y después el encofrado, y si es en vigas primero el encofrado y a continuación la armadura.

No se dejarán elementos separadores o tirantes en el hormigón después de desencofrar, sobretodo en ambientes agresivos. Se anotará la fecha de hormigonado de cada pieza, con el fin de controlar su desencofrado

El apoyo sobre el terreno se realizará mediante tabloncillos/durmientes. Si la altura es excesiva para los puntales, se realizarán planos intermedios con tabloncillos colocados perpendicularmente a estos; las líneas de puntales inferiores irán arriostrados.

Se vigilará la correcta colocación de todos los elementos antes de hormigonar, así como la limpieza y humedecido de las superficies.

El vertido del hormigón se realizará a la menor altura posible.

Se aplicarán los desencofrantes antes de colocar las armaduras.

Los encofrados deberán resistir las acciones que se desarrollen durante la operación de vertido y vibrado, y tener la rigidez necesaria para evitar deformaciones, según las siguientes tolerancias:

Espesores en m.	Tolerancia en mm.
Hasta 0.10	2
De 0.11 a 0.20	3
De 0.21 a 0.40	4
De 0.41 a 0.60	6
De 0.61 a 1.00	8
Más de 1.00	10

- Dimensiones horizontales o verticales entre ejes

Parciales 20

Totales 40

- Desplomes

En una planta 10

En total 30

15.3. Apeos y cimbras. Construcción y montaje.

Las cimbras y apeos deberán ser capaces de resistir el peso total propio y el del elemento completo sustentado, así como otras sobrecargas accidentales que puedan actuar sobre ellas (operarios, maquinaria, viento, etc.).

Las cimbras y apeos tendrán la resistencia y disposición necesaria para que en ningún momento los movimientos locales, sumados en su caso a los del encofrado sobrepasen los 5 mm, ni los de conjunto la milésima de la luz (1/1.000). 15.3. Desencofrado y descimbrado del hormigón.

El desencofrado de costeros verticales de elementos de poco canto podrá efectuarse a un día de hormigonada la pieza, a menos que durante dicho intervalo se hayan producido bajas temperaturas y otras cosas capaces de alterar el proceso normal de endurecimiento del hormigón. Los costeros verticales de elementos de gran canto no deberán retirarse antes de los dos días con las mismas salvedades apuntadas anteriormente a menos que se emplee curado a vapor.

El descimbrado podrá realizarse cuando, a la vista de las circunstancias y temperatura del resultado; las pruebas de resistencia, elemento de construcción sustentado haya adquirido el doble de la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos que aparezcan al descimbrar.

El descimbrado se hará de modo suave y uniforme, recomendándose el empleo de cunas, gatos; cajas de arena y otros dispositivos, cuando el elemento a descimbrar sea de cierta importancia.

Condiciones de desencofrado:

No se procederá al desencofrado hasta transcurridos un mínimo de 7 días para los soportes y tres días para los demás casos, siempre con la aprobación de la D.F.

Los tableros de fondo y los planos de apeo se desencofrarán siguiendo las indicaciones de la NTE-EH, y la EHE, con la previa aprobación de la D.F. Se procederá al aflojado de las cuñas, dejando el elemento separado unos tres cm. durante doce horas, realizando entonces la comprobación de la flecha para ver si es admisible.

Cuando el desencofrado sea dificultoso se regará abundantemente, también se podrá aplicar desencofrante superficial.

Se apilarán los elementos de encofrado que se vayan a reutilizar, después de una cuidadosa limpieza.

15.4. Medición y abono.

Los encofrados se medirán siempre por metros cuadrados de superficie en contacto con el hormigón, no siendo de abono las obras o excesos de encofrado, así como los elementos auxiliares de sujeción o apeos necesarios para mantener el encofrado en una posición correcta y segura contra esfuerzos de viento, etc. En este precio se incluyen, además, los desencofrantes y las operaciones de desencofrado y retirada del material. En el caso de que en el cuadro de precios esté incluido el encofrado la unidad de hormigón, se entiende que tanto el encofrado como los elementos auxiliares y el desencofrado van incluidos en la medición del hormigón.

Artículo 16.- Armaduras.

16.1. Colocación, recubrimiento y empalme de armaduras.

Todas estas operaciones se efectuarán de acuerdo con los artículos de la INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE). REAL DECRETO 2661/1998, de 11-DIC, del Ministerio de Fomento.

16.2. Medición y abono.

De las armaduras de acero empleadas en el hormigón armado, se abonarán los kg realmente empleados, deducidos de los planos de ejecución, por medición de su longitud, añadiendo la longitud de los solapes de empalme, medida en obra y aplicando los pesos unitarios correspondientes a los distintos diámetros empleados.

En ningún caso se abonará con solapes un peso mayor del 5% del peso del redondo resultante de la medición efectuada en el plano sin solapes.

El precio comprenderá a la adquisición, los transportes de cualquier clase hasta el punto de empleo, el pesaje, la limpieza de armaduras, si es necesario, el doblado de las mismas, el izado, sustentación y colocación en obra, incluido el alambre para ataduras y separadores, la pérdida por recortes y todas cuantas operaciones y medios auxiliares sean necesarios.

Artículo 17 Estructuras de acero.**17.1 Descripción.**

Sistema estructural realizado con elementos de Acero Laminado.

17.2 Condiciones previas.

Se dispondrá de zonas de acopio y manipulación adecuadas.

Las piezas serán de las características descritas en el proyecto de ejecución.

Se comprobará el trabajo de soldadura de las piezas compuestas realizadas en taller.

Las piezas estarán protegidas contra la corrosión con pinturas adecuadas.

17.3 Componentes.

- Perfiles de acero laminado
- Perfiles conformados
- Chapas y pletinas
- Tornillos calibrados
- Tornillos de alta resistencia
- Tornillos ordinarios
- Roblones

17.4 Ejecución.

Limpieza de restos de hormigón etc. de las superficies donde se procede al trazado de replanteos y soldadura de arranques.

Trazado de ejes de replanteo:

- Se utilizarán calzos, apeos, pernos, sargentos y cualquier otro medio que asegure su estabilidad durante el montaje.
- Las piezas se cortarán con oxicorte o con sierra radial, permitiéndose el uso de cizallas para el corte de chapas.
- Los cortes no presentarán irregularidades ni rebabas.
- No se realizarán las uniones definitivas hasta haber comprobado la perfecta posición de las piezas.
- Los ejes de todas las piezas estarán en el mismo plano.
- Todas las piezas tendrán el mismo eje de gravedad.

Uniones mediante tornillos de alta resistencia:

- Se colocará una arandela, con bisel cónico, bajo la cabeza y bajo la tuerca
- La parte roscada de la espiga sobresaldrá de la tuerca por lo menos un filete
- Los tornillos se apretarán en un 80% en la primera vuelta, empezando por los del centro.

- Los agujeros tendrán un diámetro 2 mm mayor que el nominal del tornillo.

Uniones mediante soldadura. Se admiten los siguientes procedimientos:

- Soldeo eléctrico manual, por arco descubierto con electrodo revestido.
- Soldeo eléctrico automático, por arco en atmósfera gaseosa.
- Soldeo eléctrico automático, por arco sumergido.
- Soldeo eléctrico por resistencia.

Se prepararán las superficies a soldar realizando exactamente los espesores de garganta, las longitudes de soldado y la separación entre los ejes de soldadura en uniones discontinuas.

Los cordones se realizarán uniformemente, sin mordeduras ni interrupciones; después de cada cordón se eliminará la escoria con piqueta y cepillo.

Se prohíbe todo enfriamiento anormal por excesivamente rápido de las soldaduras.

Los elementos soldados para la fijación provisional de las piezas se eliminarán cuidadosamente con soplete, nunca a golpes.

Los restos de soldaduras se eliminarán con radial o lima.

Una vez inspeccionada y aceptada la estructura, se procederá a su limpieza y protección antioxidante, para realizar por último el pintado.

17.5 Control.

Se controlará que las piezas recibidas se corresponden con las especificadas.

Se controlará la homologación de las piezas cuando sea necesario.

Se controlará la correcta disposición de los nudos y de los niveles de placas de anclaje.

17.6 Medición.

Se medirá por kg de acero elaborado y montado en obra, incluidos despuntes. En cualquier caso, se seguirán los criterios establecidos en las mediciones.

17.7 Mantenimiento.

Cada tres años se realizará una inspección de la estructura para comprobar su estado de conservación y su protección antioxidante y contra el fuego.

Artículo 18.- Pintura.

18.1. Condiciones generales de preparación del soporte.

La superficie que se va a pintar debe estar seca, desengrasada, sin óxido ni polvo, para lo cual se emplearán cepillos, sopletes de arena y ácidos cuando sean metales.

Los poros, grietas, desconchados, etc., se llenarán con másticos o empastes para dejar las superficies lisas y uniformes. Se harán con un pigmento mineral y aceite de linaza o barniz y un cuerpo de relleno para las maderas. En los paneles, se empleará yeso amasado con agua de cola, y sobre los metales se

utilizarán empastes compuestos de 60-70% de pigmento (albayalde), ocre, óxido de hierro, litopón, etc. y cuerpos de relleno (creta, caolín, tiza, espato pesado), 30-40% de barniz copal o ámbar y aceite de maderas.

Los másticos y empastes se emplearán con espátula en forma de masilla; los líquidos con brocha o pincel o con el aerógrafo o pistola de aire comprimido. Los empastes, una vez secos, se pasarán con papel de lija en paredes y se alisarán con piedra pómez, agua y fieltro, sobre metales.

Antes de su ejecución se comprobará la naturaleza de la superficie a revestir, así como su situación interior o exterior y condiciones de exposición al roce o agentes atmosféricos, contenido de humedad y si existen juntas estructurales.

Estarán recibidos y montados todos los elementos que deben ir en el paramento, como cerco de puertas, ventanas, canalizaciones, instalaciones, etc.

Se comprobará que la temperatura ambiente no sea mayor de 28°C ni menor de 6°C.

El soleamiento no incidirá directamente sobre el plano de aplicación.

La superficie de aplicación estará nivelada y lisa.

En tiempo lluvioso se suspenderá la aplicación cuando el paramento no esté protegido.

Al finalizar la jornada de trabajo se protegerán perfectamente los envases y se limpiarán los útiles de trabajo.

18.2. Aplicación de la pintura.

Las pinturas se podrán dar con pinceles y brocha, con aerógrafo, con pistola, (pulverizando con aire comprimido) o con rodillos.

Las brochas y pinceles serán de pelo de diversos animales, siendo los más corrientes el cerdo o jabalí, marta, tejón y ardilla. Podrán ser redondos o planos, clasificándose por números o por los gramos de pelo que contienen. También pueden ser de nylon.

Los aerógrafos o pistolas constan de un recipiente que contiene la pintura con aire a presión (1-6 atmósferas), el compresor y el pulverizador, con orificio que varía desde 0,2 mm hasta 7 mm, formándose un cono de 2 cm al metro de diámetro.

Dependiendo del tipo de soporte se realizarán una serie de trabajos previos, con objeto de que, al realizar la aplicación de la pintura o revestimiento, consigamos una terminación de gran calidad.

Sistemas de preparación en función del tipo de soporte:

Metales:

- Se realizará un raspado de óxidos mediante cepillo, seguido inmediatamente de una limpieza manual esmerada de la superficie.
- A continuación, se aplicará una mano de imprimación anticorrosiva, con un rendimiento no inferior al especificado por el fabricante.

- Pasado el tiempo de secado se aplicarán dos manos de acabado de esmalte, con un rendimiento no menor al especificado por el fabricante.

18.3. Medición y abono.

La pintura se medirá y abonará en general, por metro cuadrado de superficie pintada, efectuándose la medición en la siguiente forma:

- Pintura sobre muros, tabiques y techos: se medirá descontando los huecos. Las molduras se medirán por superficie desarrollada.
- Pintura sobre carpintería se medirá por las dos caras, incluyéndose los tapajuntas.
- Pintura sobre ventanales metálicos: se medirá una cara.

En los precios respectivos está incluido el coste de todos los materiales y operaciones necesarias para obtener la perfecta terminación de las obras, incluso la preparación, lijado, limpieza, plastecido, etc. y todos cuantos medios auxiliares sea preciso.

Artículo 19. – Trámex de la pasarela.

19.1. Características técnicas

Reja electrosoldada metálica formada por pletina de acero galvanizado de 30x2 mm en cuadrícula de 30x30 mm, con bastidor electrosoldado. Incluso pletinas para fijación mediante atornillado en obra de fábrica con tacos de nylon y tornillos de acero. Elaboración en taller y ajuste final en obra.

19.2. Medición

Superficie del hueco a cerrar, medida según documentación gráfica de Proyecto.

19.3. Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra del soporte.

Se comprobará que están acabados tanto los huecos en la fachada como sus revestimientos. Se comprobará que el soporte al que se tienen que fijar los anclajes tiene la suficiente resistencia.

19.4. Proceso de ejecución

Marcado de los puntos de fijación del bastidor. Presentación de la reja. Aplomado y nivelación. Resolución de las uniones del bastidor a los paramentos. Montaje de elementos complementarios.

19.5. Condiciones de terminación.

El conjunto quedará perfectamente aplomado y rígido.

19.6. Conservación y mantenimiento.

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

19.7. Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se medirá, con las dimensiones del hueco, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

Artículo 20.- Precauciones a adoptar.

Las precauciones que se deben adoptar durante la construcción de la obra serán las previstas por la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo aprobada por O.M. de 9 de marzo de 1971 y R.D. 1627/97 de 24 de octubre.

2.2.2. EPÍGRAFE 4.º CONTROL DE LA OBRA**Artículo 21.- Control del hormigón.**

Además de los controles establecidos en anteriores apartados y los que en cada momento dictamine la Dirección Facultativa de las obras, se realizarán todos los que prescribe la INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE):

- Resistencias característica $F_{ck} = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Consistencia plástica y acero B-500S.

DOCUMENTO V. MEDICIONES

ÍNDICE DEL DOCUMENTO V. MEDICIONES

1.	BARRAS.....	1
2.	CHAPAS.....	5
3.	TUBOS.....	7
4.	OTROS.....	9
5.	COMERCIALES.....	10
6.	TORNILLERÍA.....	11
7.	CIMENTACIÓN	12
8.	SOLDADURA	13

1. BARRAS

La Tabla 1 muestra todas las barras empleadas en el diseño de la cinta transportadora. La numeración de cada una de ellas corresponde a la utilizada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 1. Mediciones de las barras de la cinta transportadora.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	MATERIAL	PESO (kg/barra)	PESO TOTAL (kg)
1.15.7	CAE 80x5.5	2	1,783	S275	26,86	53,72
1.15.8		2	1,605	S275	15,46	30,92
1.15.9		2	1,638	S275	24,11	48,22
1.15.10		2	1,377	S275	13,26	26,52
1.15.11		2	1,503	S275	21,67	43,34
1.15.12		2	1,179	S275	11,35	22,70
1.15.13		2	1,365	S275	18,98	37,96
1.15.14		2	0,989	S275	9,52	19,04
1.15.15		2	1,186	S275	16,39	32,78
1.15.16		2	0,841	S275	8,1	16,20
1.16.6		2	1,886	S275	18,16	36,32
1.16.7		2	1,559	S275	15,01	30,02
1.16.8		2	1,708	S275	16,45	32,90
1.16.9		2	1,316	S275	12,67	25,34
1.16.10		2	1,510	S275	14,54	29,08
1.16.11		2	1,129	S275	10,87	21,74
1.16.12	CAE 80x5.5	2	1,319	S275	12,7	25,40
1.16.13		2	0,867	S275	8,35	16,70
1.16.23		1	4,865	S275	46,85	46,85
1.16.24		1	4,304	S275	41,45	41,45
1.16.25		1	4,257	S275	40,99	40,99
1.16.26		1	3,933	S275	37,87	37,87
1.16.27		1	3,409	S275	32,83	32,83
1.16.33		1	4,487	S275	43,21	43,21
1.16.34		1	4,037	S275	38,88	38,88
1.16.35		1	3,652	S275	35,17	35,17
1.16.36		1	3,288	S275	31,66	31,66
1.16.37		1	2,917	S275	28,09	28,09
1.17.5	CAE 80x5.5	2	1,670	S275	16,08	32,16
1.17.6		2	1,320	S275	12,71	25,42
1.17.7		2	1,433	S275	13,8	27,60
1.17.8		2	1,085	S275	10,45	20,90
1.17.9		2	1,192	S275	11,48	22,96
1.17.10		2	0,736	S275	7,09	14,18
1.17.19		1	4,415	S275	42,52	42,52
1.17.20		1	3,882	S275	37,38	37,38

Tabla 1. Mediciones de las barras de la cinta transportadora. Continuación.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	MATERIAL	PESO (kg/barra)	PESO TOTAL (kg)
1.17.21	CAE 80x5.5	1	3,520	S275	33,9	33,90
1.17.22		1	2,950	S275	28,41	28,41
1.17.27		1	4,125	S275	39,72	39,72
1.17.28		1	3,525	S275	33,95	33,95
1.17.29		1	3,020	S275	29,08	29,08
1.17.30		1	2,545	S275	24,51	24,51
1.14.1	HEB 260	2	0,421	S275	39,06	78,12
1.15.1		2	13,023	S275	1209,63	2419,26
1.16.1		2	12,076	S275	1118,88	2237,76
1.17.1		2	7,545	S275	706,23	1412,46
1.18.1		2	2,509	S275	233,34	466,68
1.19.1	IPE 140	24	2,350	S275	30,3	727,20
1.20.1		1	2,393	S275	30,87	30,87
1.20.2		2	4,014	S275	51,78	103,56
1.20.3		1	2,664	S275	34,37	34,37
1.20.4		1	1,167	S275	15,05	15,05
1.20.5		1	1,007	S275	12,99	12,99
1.21.2		3	2,350	S275	30,3	90,90
1.22.1		4	2,350	S275	30,3	121,20
1.23.2		12	2,350	S275	30,3	363,60
1.24.1		1	2,350	S275	30,32	30,32
1.25.1		3	2,350	S275	30,3	90,90
1.26.2		5	2,350	S275	30,3	151,50
1.49		1	3,010	S275	37,09	37,09
1.1.5	IPE 160	4	0,790	S275	12,48	50,08
1.13.5		8	1,110	S275	17,54	140,32
1.15.2		1	3,372	S275	53,28	53,28
1.15.3		1	2,919	S275	46,12	46,12
1.15.4		1	2,469	S275	39,01	39,01
1.15.5		1	2,012	S275	31,79	31,79
1.15.6		1	1,559	S275	24,63	24,63
1.16.2		2	3,282	S275	51,86	103,72
1.16.3		1	2,738	S275	43,26	43,26
1.16.4		1	2,194	S275	34,67	34,67
1.16.5		1	1,650	S275	26,07	26,07
1.16.19		1	3,335	S275	52,69	52,69
1.16.20		1	2,791	S275	44,1	44,10
1.16.21		1	2,247	S275	35,5	35,50
1.16.22		1	1,703	S275	26,91	26,91
1.16.29		1	3,342	S275	52,8	52,80
1.16.30		1	2,798	S275	44,21	44,21
1.16.31		1	2,254	S275	35,61	35,61

Tabla 1. Mediciones de las barras de la cinta transportadora. Continuación.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	LONGITUD (m)	MATERIAL	PESO (kg/barra)	PESO TOTAL (kg)
1.16.32	IPE 160	1	1,710	S275	27,02	27,02
1.17.2		1	3,155	S275	49,84	49,84
1.17.3		1	2,475	S275	39,1	39,10
1.17.4		1	1,795	S275	28,36	28,36
1.17.16		1	3,210	S275	50,72	50,72
1.17.17		1	2,530	S275	39,97	39,97
1.17.18		1	1,850	S275	29,23	29,23
1.17.24		1	3,215	S275	50,8	50,80
1.17.25		1	2,535	S275	40,05	40,05
1.17.26		1	1,855	S275	29,31	29,31
1.27.3	IPE 400	2	1,498	S275	262,45	524,90
1.27.8		1	0,895	S275	11,55	11,55
1.1.2	TCAR 100x3.2	2	0,860	S275	8,36	16,72
1.2.3		16	0,860	S275	8,36	133,76
1.3.4		24	0,860	S275	8,36	200,64
1.4.4		24	0,860	S275	8,36	200,64
1.5.5		12	0,860	S275	8,36	100,32
1.6.3		36	0,860	S275	8,36	300,96
1.7.3		24	0,860	S275	8,36	200,64
1.8.3		4	0,860	S275	8,36	33,44
1.9.4		6	0,860	S275	8,36	50,16
1.10.3		4	0,860	S275	8,36	33,44
1.11.4		8	0,860	S275	8,36	66,88
1.12.3		8	0,920	S275	8,18	65,44
1.13.3		2	0,860	S275	8,36	16,72
1.16.38	TCAR 120x3.2	2	8,846	S275	124,73	249,46
1.16.39		2	7,170	S275	101,1	202,20
1.17.31		2	5,455	S275	76,92	153,84
1.17.32		2	4,410	S275	62,18	124,36
1.1.1	TCAR 140x8	4	0,575	S275	19,07	76,28
1.2.2		4	3,850	S275	127,66	510,64
1.3.3		8	6,979	S275	219,14	1753,12
1.4.2		8	6,978	S275	219,14	1753,12
1.5.2		4	6,900	S275	228,79	915,16
1.6.2		12	7,150	S275	224,51	2694,12
1.7.2		8	7,150	S275	224,51	1796,08
1.8.2		4	1,610	S275	50,55	202,20
1.9.2		4	2,020	S275	63,43	253,72
1.10.5		4	1,670	S275	52,44	209,76
1.11.3		4	4,750	S275	149,15	596,60
1.12.2		4	3,510	S275	116,39	465,56
1.13.2		4	0,685	S275	21,51	86,04

Tabla 1. Mediciones de las barras de la cinta transportadora. Continuación.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	MATERIAL	PESO (kg/barra)	PESO TOTAL (kg)
1.16.18	TCAR 200x5	2	16,284	S275	651,36	1302,72
1.16.28		2	14,248	S275	569,92	1139,84
1.17.15		2	11,210	S275	448,4	896,80
1.17.23		2	9,150	S275	366	732,00
1.1.6	TCAR 28x4	2	0,585	S275	1,68	3,36
1.2.6		9	1,266	S275	1,62	14,58
1.3.1		14	1,687	S275	2,16	30,24
1.4.5		14	1,549	S275	1,98	27,72
1.5.6		7	1,690	S275	2,16	15,12
1.6.1		21	1,704	S275	2,18	45,78
1.7.6		14	1,630	S275	2,09	29,26
1.8.1		3	1,372	S275	1,76	5,28
1.9.3		4	1,334	S275	1,71	6,84
1.10.2		3	1,318	S275	1,69	5,07
1.11.2		5	1,526	S275	1,95	9,75
1.12.1		3	1,563	S275	2	6,00
1.2.4	TCAR 50x3.2	18	0,927	S275	3,87	69,66
1.3.5		28	1,283	S275	5,36	150,08
1.4.3		28	1,285	S275	5,37	150,36
1.5.3		14	1,281	S275	5,35	74,90
1.6.5		42	1,298	S275	5,43	228,06
1.7.5		28	1,294	S275	5,41	151,48
1.8.5		6	1,012	S275	4,23	25,38
1.9.5		8	0,977	S275	4,08	32,64
1.10.4		6	0,983	S275	4,11	24,66
1.11.6		10	1,245	S275	5,2	52,00
1.12.5		6	1,141	S275	4,77	28,62
1.1.4	TCAR 70x3.2	2	1,210	S275	8,12	16,24
1.2.5		16	1,230	S275	7,47	119,52
1.3.6		24	1,230	S275	7,47	179,28
1.4.1		24	1,230	S275	7,47	179,28
1.5.4		12	1,230	S275	7,47	89,64
1.6.4		36	7,150	S275	7,89	284,04
1.7.4		24	1,350	S275	8,19	196,56
1.8.4		4	1,350	S275	8,19	32,76
1.9.6		6	1,230	S275	7,47	44,82
1.10.1		4	1,230	S275	7,47	29,88
1.11.5		4	2,460	S275	14,93	59,72
1.12.4		6	1,230	S275	7,47	44,82
1.13.4		2	1,210	S275	8,12	16,24
1.19.2	TCAR 80x3.2	5	2,637	S275	19,78	98,90
1.21.1		2	2,445	S275	17,98	35,96

Tabla 1. Mediciones de las barras de la cinta transportadora. Continuación.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	MATERIAL	PESO (kg/barra)	PESO TOTAL (kg)
1.22.2	TCAR 80x3.2	2	2,432	S275	17,82	35,64
1.23.1		6	2,637	S275	19,78	118,68
1.25.2		8	2,637	S275	19,78	158,24
1.26.1		4	2,637	S275	19,78	79,12

2. CHAPAS

La Tabla 2 muestra los distintos tipos de chapas y sus cantidades, empleadas en el diseño de la cinta transportadora. La numeración de cada una de ellas corresponde a la utilizada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 2. Mediciones de las chapas de la cinta transportadora.

CHAPAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)	MATERIAL	PESO (kg/ud)	PESO TOTAL (kg)
1.15.17	CARTELA	5	0,66x0,66x0,01	S275	34,19	170,95
1.16.14		4	0,66x0,66x0,01	S275	34,19	136,76
1.17.11		3	0,66x0,66x0,01	S275	34,19	102,57
1.13.8	CHAPA	2	0,1X0,082X0,025	S275	1	2,00
14.3		6	0,15x0,1x0,02	S275	2,23	13,38
14.4		6	0,03x0,01x0,005	S275	0,01	0,06
1.47	CHAPA DE TESTA 1	1	0,333x0,73x0,02	S275	3,65	3,65
1.48	CHAPA DE TESTA 2	1	0,291x0,18x0,02	S275	7,939	7,94
14.1	CHAPA DEL ENCAUZADOR	1	3,06x1,25x0,006	S275	210,01	210,01
1.27.6	CHAPA FRENO	1	1,255x0,61x0,02	S275	118,35	118,35
1.27.4	CHAPA FRONTAL 1	2	1,255x0,4x0,02	S275	11,13	22,26
1.27.5	CHAPA FRONTAL 2	1	1,255x0,131x0,02	S275	25,35	25,35
1.27.7	ESCUADRA	2	0,55x0,51x0,009	S275	10,75	21,50
1.38.3	PIE DE BARANDILLA	6	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	3,96
1.39.3		3	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	1,98
1.40.3		3	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	1,98
1.41.3		3	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	1,98
1.42.3		3	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	1,98
1.43.3		3	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	1,98
1.44.3		4	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	2,64
1.45.3		3	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	1,98
1.46.3		4	0,12x0,07x0,01	S275	0,66	2,64
1.13.6	PLACA 121,76x121,76x15	4	0,121x0,121x0,015	S275	1,71	6,84
1.1.7	PLACA 140 x 140 x 5	4	0,14x0,14x0,005	S275	0,77	3,08

Tabla 2. Mediciones de las chapas de la cinta transportadora. Continuación.

CHAPAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)	MATERIAL	PESO (kg/ud)	PESO TOTAL (kg)
1.27.1	PLACA MOTOR	1	1,255x0,578x0,96	S275	544,77	544,77
1.27.2	PLACA REDUCTOR	1	1,255x0,455x0,086	S275	384,02	384,02
1.1.3	PLETINA 140x25	4	1,315x0,14x0,025	S275	36,13	144,52
1.2.1		8	1,315x0,14x0,025	S275	36,13	289,04
1.3.2		16	1,316x0,14x0,025	S275	36,16	578,56
1.4.6		16	1,316x0,14x0,025	S275	36,16	578,56
1.5.1		8	1,315x0,14x0,025	S275	36,16	289,28
1.6.6		24	1,315x0,14x0,025	S275	36,13	867,12
1.7.1		16	1,315x0,14x0,025	S275	36,13	578,08
1.8.6		8	1,316x0,14x0,025	S275	36,16	289,28
1.9.1	PLETINA 140x25	8	1,316x0,14x0,025	S275	36,16	289,28
1.10.6		8	1,316x0,14x0,025	S275	36,16	289,28
1.11.1		8	1,315x0,14x0,025	S275	36,16	289,28
1.12.6		8	1,315x0,14x0,025	S275	36,16	289,28
1.13.1		4	1,175x0,14x0,025	S275	32,28	129,12
1.38.2.9	PLETINA DE SEGURIDAD	1	6,243x0,25x0,001	S275	12,25	12,25
1.39.2.6		2	1,405x0,25x0,001	S275	2,76	5,52
1.40.2.6		1	4,68x0,25x0,001	S275	9,18	9,18
1.41.2.6		1	1,5x0,25x0,001	S275	2,94	2,94
1.42.2.9		1	1,92x0,25x0,001	S275	3,77	3,77
1.43.2.6		1	1,53x0,25x0,001	S275	3	3,00
1.44.2.6		1	7,08x0,25x0,001	S275	13,89	13,89
1.45.2.9		1	6,49x0,25x0,001	S275	12,74	12,74
1.46.2.9		1	7,07x0,25x0,001	S275	13,88	13,88
1.13.7	RIGIDIZADOR 145,2x38,5x8	24	0,145x0,039x0,008	S275	1	24,00

3. TUBOS

La Tabla 3 muestra los diferentes tipos y longitudes de los tubos empleados en el diseño de la cinta transportadora. La numeración de cada uno de ellos corresponde a la utilizada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 3. Mediciones de los tubos de la cinta transportadora.

TUBOS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (mm, °)	MATERIAL	PESO (kg/ud)	PESO TOTAL (kg)
1.42.2.8	CODO	1	R130 60x4 86º	S275	0,75	0,75
1.43.2.5		2	R130 60x4 86º	S275	0,75	1,50
1.39.2.5		2	R130 60x4 90º	S275	0,75	1,50
1.38.2.8		2	R130 60x4 90º	S275	0,75	1,50
1.40.2.5		2	R130 60x4 90º	S275	0,75	1,50
1.41.2.5		2	R130 60x4 90º	S275	0,75	1,50
1.42.2.7		1	R130 60x4 90º	S275	0,75	0,75
1.44.2.5		12	R130 60x4 90º	S275	0,75	9,00
1.45.2.7		2	R130 60x4 90º	S275	0,75	1,50
1.46.2.7		1	R130 60x4 90º	S275	0,75	0,75
1.45.2.8	CODO	2	R130 60x4 93º	S275	0,75	1,50
1.46.2.8		1	R130 60x4 93º	S275	0,75	0,75
1.38.2.7		4	R220 60x4 90º	S275	0,75	3,00
14.2	TUBO	6	100x30x4x690	S275	5,4	32,40
1.38.2.1		4	60x4x1200	S275	6,62	26,48
1.38.2.2		2	60x4x1100	S275	6,07	12,14
1.38.2.3		2	60x4x1350	S275	7,45	14,90
1.38.2.4		4	60x4x925	S275	5,11	20,44
1.38.2.5		2	60x4x1200,75	S275	6,63	13,26
1.38.2.6		2	60x4x950,75	S275	5,25	10,50
1.39.2.1		1	60x4x1200	S275	6,62	6,62
1.39.2.5		2	60x4x1100	S275	6,07	12,14
1.39.2.3		2	60x4x1405	S275	7,76	15,52
1.39.2.4		2	60x4x1305	S275	7,2	14,40
1.40.2.1		1	60x4x1200	S275	6,62	6,62
1.40.2.2		2	60x4x1100	S275	6,07	12,14
1.40.2.3		2	60x4x2340	S275	12,92	25,84
1.40.2.4		2	60x4x2240	S275	12,37	24,74
1.41.2.1		1	60x4x1200	S275	6,62	6,62
1.41.2.2		2	60x4x1100	S275	6,07	12,14
1.41.2.3		2	60x4x750	S275	4,14	8,28
1.41.2.4		2	60x4x650	S275	3,59	7,18
1.42.2.1	TUBO	1	60x4x1200	S275	6,62	6,62
1.42.2.2		1	60x4x1100	S275	6,07	6,07
1.42.2.3		1	60x4x1093,6	S275	6,04	6,04

Tabla 3. Mediciones de los tubos de la cinta transportadora. Continuación.

TUBOS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	PESO (kg/ud)	PESO TOTAL (kg)
1.42.2.4	TUBO	1	60x4x995	S275	5,49	5,49
1.42.2.5		1	60x4x960,04	S275	5,3	5,30
1.42.2.6		1	60x4x1782,76	S275	9,84	9,84
1.43.2.1		2	60x4x1097,79	S275	6,06	12,12
1.43.2.2		1	60x4x1200	S275	6,62	6,62
1.43.2.3		1	60x4x1455,33	S275	8,03	8,03
1.43.2.4		2	60x4x747,6	S275	4,13	8,26
1.44.2.1		12	60x4x1200	S275	6,62	79,44
1.44.2.2		12	60x4x1100	S275	6,07	72,84
1.44.2.3		6	60x4x6880	S275	37,98	227,88
1.44.2.4		18	60x4x2360	S275	13,03	234,54
1.45.2.1		2	60x4x1200	S275	6,62	13,24
1.45.2.2		2	60x4x1100	S275	6,07	12,14
1.45.2.3		2	60x4x6245,1	S275	34,48	68,96
1.45.2.4		2	60x4x1108,32	S275	6,12	12,24
1.45.2.5	TUBO	2	60x4x3246,17	S275	17,92	35,84
1.45.2.6		2	60x4x3220	S275	17,74	35,48
1.46.2.1		1	60x4x1100	S275	6,07	6,07
1.46.2.2		2	60x4x1200	S275	6,62	13,24
1.46.2.3		1	60x4x6825,1	S275	37,67	37,67
1.46.2.4		2	60x4x2340	S275	12,92	25,84
1.46.2.5		1	60x4x2366,17	S275	12,04	12,04
1.46.2.6		1	60x4x1108,32	S275	6,12	6,12

4. OTROS

La Tabla 4 muestra todos aquellos componentes o piezas fabricados especialmente para esta cinta. La numeración de estos elementos se corresponde con la empleada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 4. Mediciones de piezas y componentes especiales de la cinta transportadora.

OTROS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	PESO (kg/ud)	PESO TOTAL (kg)
12.5	CAJA	1	S275	902,32	902,32
12.2	CASQUILLO 90x40x5	2	S275	0,42	0,84
1.29	GRAPA 1	1	S275	30,127	30,13
1.28	GRAPA 2	1	S275	26,98	26,98
1.33	GRAPA 3	6	S275	87,287	523,72
1.34	GRAPA 4	6	S275	78,782	472,69
1.36	GRAPA 5	2	S275	113,497	226,99
1.37	GRAPA 6	2	S275	107,536	215,07
12.3	JUNTA	2	S275	20,93	41,86

5. COMERCIALES

La Tabla 5 muestra todos aquellos componentes o piezas comprados a diferentes fabricantes para esta cinta. La numeración de estos elementos se corresponde con la empleada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 5. Mediciones de los elementos comerciales de la cinta transportadora.

COMERCIALES						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (mm)	MATERIAL	PESO (kg/ud)	PESO TOTAL (kg)
5	ACOPLAMIENTO	1	-	S275	226,02	226,02
11	BANDA	1	1000x10x189290	EP	20,17	3817,98
7	ESTACIÓN INFERIOR	79	-	S275	15,34	1211,86
6	ESTACIÓN SUPERIOR	82	-	S275	37,48	3073,36
10	FRENO	1	-	S275	157	157,00
2	MOTOR - REDUCTOR	1	-	S275	554,72	554,72
12.4	RODILLO	2	-	S275	14,93	29,86
4	SOPORTE TAMBOR	8	-	S275	26,2	209,60
3	TAMBOR CABEZA	1	-	S275	500	500,00
9	TAMBOR COLA	1	-	S275	500	500,00
8 / 12.1	TAMBOR DESVIADOR	3	-	S275	473,61	1420,83
-	BLOQUES DEL CONTRAPESO	21	1300x200x150	S275	306,15	6429,15
1.41.1	TRAMEX	1	1620 x 860	S275	135,08	135,08
1.43.1		1	1620 x 860	S275	135,08	135,08
1.42.1		1	2030 x 860	S275	167,27	167,27
1.38.1		1	2596,50x2420	S275	546,85	546,85
1.39.1		1	2930 x 860	S275	237,92	237,92
1.40.1		1	4800 x 860	S275	384,71	384,71
1.45.1		2	6620 x 860	S275	527,58	1055,16
1.44.1		6	7200 x 860	S275	573,11	3438,66
1.46.1		1	7200 x 860	S275	573,11	573,11

6. TORNILLERÍA

La Tabla 6 muestra todos los elementos de tornillería que están presentes en la cinta. La numeración de estos elementos se corresponde con la empleada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 6. Mediciones de la tornillería de la cinta transportadora.

TORNILLERÍA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	PESO (kg/ud)	PESO TOTAL (kg)
1.53	DIN 125 - 12	16	CLASE 8.8	0,01	0,16
1.15.18	DIN 125 - 16	120	CLASE 8.8	0,01	1,20
1.16.15		96	CLASE 8.8	0,01	0,96
1.17.12		72	CLASE 8.8	0,01	0,72
1.50		16	CLASE 8.8	0,01	0,16
19		16	CLASE 8.8	0,01	0,16
1.30	DIN 125 - 24	504	CLASE 8.8	0,01	5,04
15		352	CLASE 8.8	0,01	3,52
5.3	DIN 125 - 30	12	CLASE 8.8	0,01	0,12
1.54	DIN 933 - M12 x 45	8	CLASE 8.8	0,1	0,80
1.15.19	DIN 933 - M16 x 40	60	CLASE 8.8	0,1	6,00
1.16.16		48	CLASE 8.8	0,1	4,80
1.17.13		36	CLASE 8.8	0,1	3,60
1.51	DIN 933 - M16 x 65	8	CLASE 8.8	0,1	0,80
20	DIN 933 - M16 x 80	8	CLASE 8.8	0,1	0,80
16	DIN 933 - M24 x 100	164	CLASE 8.8	0,1	16,40
1.31		12	CLASE 8.8	0,1	1,20
1.35		240	CLASE 8.8	0,1	24,00
18		12	CLASE 8.8	0,1	1,20
5.4	DIN 933 - M30 x 180	6	CLASE 8.8	0,1	0,60
1.55	DIN 934 - M12	8	CLASE 8.8	0,04	0,32
1.15.20	DIN 934 - M16	60	CLASE 8.8	0,04	2,40
1.16.17		48	CLASE 8.8	0,04	1,92
1.17.14		36	CLASE 8.8	0,04	1,44
1.52		8	CLASE 8.8	0,04	0,32
21		8	CLASE 8.8	0,04	0,32
1.32	DIN 934 - M24	252	CLASE 8.8	0,04	10,08
17		176	CLASE 8.8	0,04	7,04
5.5	DIN 934 - M30	6	CLASE 8.8	0,04	0,24

7. CIMENTACIÓN

En la Tabla 7 se detallan los materiales empleados para la cimentación de la cinta transportadora, sacados de los informes del “Anexo III. Uniones” y del “Anexo IV. Cimentación” del “Documento II. Anexos”.

Tabla 7. Mediciones de la cimentación de la cinta transportadora.

CIMENTACIÓN						
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES (m, m2, m3)	MATERIAL	PESO (kg/ud)	PESO TOTAL (kg)
ZAPATA	HORMIGÓN	8	0,900	HA - 20	2251,224	18009,79
	ARMADURA LONGITUDINAL Ø12	240	0,960	B 500 S	0,888	213,12
	ARMADURA TRANSVERSAL Ø12	240	0,960	B 500 S	0,888	213,12
	ESTRIBOS Ø8	64	2,000	B 500 S	0,888	56,83
	ESPERAS Ø6	64	1,140	B 500 S	0,888	56,83
	CHAPA 520x520x25	8	0,00676	S235	53,066	424,53
	ANCLAJE J M20x640	32	0,64	CLASE 4.6	1,578	50,51
	PLAQUETA 60x60x10	32	0,00004	S235	0,2826	9,04
	CHAVETA IPE 120	8	0,100	S235	1,04	8,32
	SEPARADOR	8	-	-	-	-
	ENCOFRADO	8	3,653	MADERA	-	-
LOSA	HORMIGÓN	1	3,000	HA - 20	7504,08	7504,08
	ARMADURA LONGITUDINAL Ø12	30	4,900	B 500 S	0,888	26,64
	ARMADURA TRANSVERSAL Ø12	30	1,900	B 500 S	0,888	26,64
	ESTRIBOS Ø8	1	1,080	B 500 S	0,888	0,89
	ESPERAS Ø6	8	0,450	B 500 S	0,888	7,10
	ANCLAJE J M20x640	16	0,64	CLASE 4.6	1,578	25,25
	PLAQUETA 60x60x10	16	0,00004	S235	0,2826	4,52
	SEPARADOR	15	-	-	-	-
	ENCOFRADO	1	4,200	MADERA	-	-

8. SOLDADURA

La Tabla 8 muestra la garganta y la longitud aproximada de los cordones de soldadura para cada tipo de perfil. Todas las soldaduras son en ángulo. La profundidad de la garganta

Tabla 8. Mediciones de las soldaduras empleadas en la cinta transportadora.

SOLDADURAS				
PERFIL	CANTIDAD	GARGANTA (mm)	PERÍMETRO SOLDABLE (m)	SOLDADURA TOTAL (m)
CAE 80x5.5	66	-	-	-
HEB 260	10	6	0,944	18,880
IPE 140	59	6	0,398	46,917
IPE 160	39	6	0,448	34,924
IPE 400	3	6	1,076	6,456
TCAR 100x3.2	170	6	0,400	136,000
TCAR 120x3.2	8	6	0,480	7,680
TCAR 140x8	72	6	0,560	80,640
TCAR 200x5	8	6	0,800	12,800
TCAR 28x4	99	5	0,112	22,176
TCAR 50x3.2	194	5	0,200	77,600
TCAR 70x3.2	164	5	0,280	91,840
TCAR 80x3.2	27	6	0,320	17,280

DOCUMENTO VI. PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL DOCUMENTO VI. PRESUPUESTO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES	1
2.1.	BARRAS.....	1
2.2.	CHAPAS.....	5
2.3.	TUBOS.....	7
2.4.	OTROS.....	9
2.5.	COMERCIALES.....	10
2.6.	TORNILLERÍA	11
2.7.	CIMENTACIÓN	12
3.	PRESUPUESTO DE LA MANO DE OBRA	13
4.	PRESUPUESTO TOTAL.....	14

1. INTRODUCCIÓN

Este Documento pretende plasmar el presupuesto de la cinta transportadora, contemplando el coste de los elementos tabulados en el “Documento V. Mediciones”. El presupuesto total será la suma de los costes materiales más los costes derivados de la mano de obra de diferentes operaciones.

2. PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES

De forma similar que, en el Documento V. Mediciones, el presupuesto de los materiales queda reflejado de la siguiente forma:

2.1. BARRAS

La Tabla 1 muestra el coste de todas las barras empleadas en el diseño de la cinta transportadora. La numeración de cada una de ellas corresponde a la utilizada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 1. Presupuesto de las barras de la cinta transportadora.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	PESO (kg/barra)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.15.7	CAE 80x5.5	2	1,783	26,86	52,65 €	105,29 €
1.15.8		2	1,605	15,46	30,30 €	60,60 €
1.15.9		2	1,638	24,11	47,26 €	94,51 €
1.15.10		2	1,377	13,26	25,99 €	51,98 €
1.15.11		2	1,503	21,67	42,47 €	84,95 €
1.15.12		2	1,179	11,35	22,25 €	44,49 €
1.15.13		2	1,365	18,98	37,20 €	74,40 €
1.15.14		2	0,989	9,52	18,66 €	37,32 €
1.15.15		2	1,186	16,39	32,12 €	64,25 €
1.15.16		2	0,841	8,1	15,88 €	31,75 €
1.16.6		2	1,886	18,16	35,59 €	71,19 €
1.16.7		2	1,559	15,01	29,42 €	58,84 €
1.16.8		2	1,708	16,45	32,24 €	64,48 €
1.16.9		2	1,316	12,67	24,83 €	49,67 €
1.16.10		2	1,510	14,54	28,50 €	57,00 €
1.16.11	CAE 80x5.5	2	1,129	10,87	21,31 €	42,61 €
1.16.12		2	1,319	12,7	24,89 €	49,78 €
1.16.13		2	0,867	8,35	16,37 €	32,73 €
1.16.23		1	4,865	46,85	91,83 €	91,83 €
1.16.24		1	4,304	41,45	81,24 €	81,24 €
1.16.25		1	4,257	40,99	80,34 €	80,34 €
1.16.26		1	3,933	37,87	74,23 €	74,23 €
1.16.27		1	3,409	32,83	64,35 €	64,35 €
1.16.33		1	4,487	43,21	84,69 €	84,69 €

Tabla 1. Presupuesto de las barras de la cinta transportadora. Continuación.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	PESO (kg/barra)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.16.34	CAE 80x5.5	1	4,037	38,88	76,20 €	76,20 €
1.16.35		1	3,652	35,17	68,93 €	68,93 €
1.16.36		1	3,288	31,66	62,05 €	62,05 €
1.16.37		1	2,917	28,09	55,06 €	55,06 €
1.17.5		2	1,670	16,08	31,52 €	63,03 €
1.17.6		2	1,320	12,71	24,91 €	49,82 €
1.17.7		2	1,433	13,8	27,05 €	54,10 €
1.17.8		2	1,085	10,45	20,48 €	40,96 €
1.17.9		2	1,192	11,48	22,50 €	45,00 €
1.17.10		2	0,736	7,09	13,90 €	27,79 €
1.17.19		1	4,415	42,52	83,34 €	83,34 €
1.17.20		1	3,882	37,38	73,26 €	73,26 €
1.17.21		1	3,520	33,9	66,44 €	66,44 €
1.17.22		1	2,950	28,41	55,68 €	55,68 €
1.17.27		1	4,125	39,72	77,85 €	77,85 €
1.17.28	CAE 80x5.5	1	3,525	33,95	66,54 €	66,54 €
1.17.29		1	3,020	29,08	57,00 €	57,00 €
1.17.30		1	2,545	24,51	48,04 €	48,04 €
1.14.1	HEB 260	2	0,421	39,06	76,56 €	153,12 €
1.15.1		2	13,023	1209,63	2.370,87 €	4.741,75 €
1.16.1		2	12,076	1118,88	2.193,00 €	4.386,01 €
1.17.1		2	7,545	706,23	1.384,21 €	2.768,42 €
1.18.1		2	2,509	233,34	457,35 €	914,69 €
1.19.1	IPE 140	24	2,350	30,3	59,39 €	1.425,31 €
1.20.1		1	2,393	30,87	60,51 €	60,51 €
1.20.2		2	4,014	51,78	101,49 €	202,98 €
1.20.3		1	2,664	34,37	67,37 €	67,37 €
1.20.4		1	1,167	15,05	29,50 €	29,50 €
1.20.5		1	1,007	12,99	25,46 €	25,46 €
1.21.2		3	2,350	30,3	59,39 €	178,16 €
1.22.1		4	2,350	30,3	59,39 €	237,55 €
1.23.2		12	2,350	30,3	59,39 €	712,66 €
1.24.1		1	2,350	30,32	59,43 €	59,43 €
1.25.1		3	2,350	30,3	59,39 €	178,16 €
1.26.2		5	2,350	30,3	59,39 €	296,94 €
1.49	IPE 160	1	3,010	37,09	72,70 €	72,70 €
1.1.5		4	0,790	12,48	24,46 €	98,15 €
1.13.5		8	1,110	17,54	34,38 €	275,03 €
1.15.2		1	3,372	53,28	104,43 €	104,43 €
1.15.3		1	2,919	46,12	90,40 €	90,40 €
1.15.4		1	2,469	39,01	76,46 €	76,46 €
1.15.5		1	2,012	31,79	62,31 €	62,31 €

Tabla 1. Presupuesto de las barras de la cinta transportadora. Continuación.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	PESO (kg/barra)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.15.6	IPE 160	1	1,559	24,63	48,27 €	48,27 €
1.16.2		2	3,282	51,86	101,65 €	203,29 €
1.16.3		1	2,738	43,26	84,79 €	84,79 €
1.16.4		1	2,194	34,67	67,95 €	67,95 €
1.16.5		1	1,650	26,07	51,10 €	51,10 €
1.16.19		1	3,335	52,69	103,27 €	103,27 €
1.16.20		1	2,791	44,1	86,44 €	86,44 €
1.16.21		1	2,247	35,5	69,58 €	69,58 €
1.16.22		1	1,703	26,91	52,74 €	52,74 €
1.16.29		1	3,342	52,8	103,49 €	103,49 €
1.16.30		1	2,798	44,21	86,65 €	86,65 €
1.16.31		1	2,254	35,61	69,80 €	69,80 €
1.16.32		1	1,710	27,02	52,96 €	52,96 €
1.17.2		1	3,155	49,84	97,69 €	97,69 €
1.17.3		1	2,475	39,1	76,64 €	76,64 €
1.17.4		1	1,795	28,36	55,59 €	55,59 €
1.17.16	IPE 160	1	3,210	50,72	99,41 €	99,41 €
1.17.17		1	2,530	39,97	78,34 €	78,34 €
1.17.18		1	1,850	29,23	57,29 €	57,29 €
1.17.24		1	3,215	50,8	99,57 €	99,57 €
1.17.25		1	2,535	40,05	78,50 €	78,50 €
1.17.26		1	1,855	29,31	57,45 €	57,45 €
1.27.3	IPE 400	2	1,498	262,45	514,40 €	1.028,80 €
1.27.8		1	0,895	11,55	22,64 €	22,64 €
1.1.2	TCAR 100x3.2	2	0,860	8,36	21,40 €	42,80 €
1.2.3		16	0,860	8,36	16,39 €	262,17 €
1.3.4		24	0,860	8,36	16,39 €	393,25 €
1.4.4		24	0,860	8,36	16,39 €	393,25 €
1.5.5		12	0,860	8,36	16,39 €	196,63 €
1.6.3		36	0,860	8,36	16,39 €	589,88 €
1.7.3		24	0,860	8,36	16,39 €	393,25 €
1.8.3		4	0,860	8,36	16,39 €	65,54 €
1.9.4		6	0,860	8,36	16,39 €	98,31 €
1.10.3		4	0,860	8,36	16,39 €	65,54 €
1.11.4		8	0,860	8,36	16,39 €	131,08 €
1.12.3		8	0,920	8,18	16,03 €	128,26 €
1.13.3		2	0,860	8,36	16,39 €	32,77 €
1.16.38	TCAR 120x3.2	2	8,846	124,73	319,31 €	638,62 €
1.16.39		2	7,170	101,1	198,16 €	396,31 €
1.17.31		2	5,455	76,92	150,76 €	301,53 €
1.17.32		2	4,410	62,18	121,87 €	243,75 €
1.1.1	TCAR 140x8	4	0,575	19,07	48,82 €	195,28 €

Tabla 1. Presupuesto de las barras de la cinta transportadora. Continuación.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	PESO (kg/barra)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.2.2	TCAR 140x8	4	3,850	127,66	250,21 €	1.000,85 €
1.3.3		8	6,979	219,14	429,51 €	3.436,12 €
1.4.2		8	6,978	219,14	429,51 €	3.436,12 €
1.5.2	TCAR 140x8	4	6,900	228,79	448,43 €	1.793,71 €
1.6.2		12	7,150	224,51	440,04 €	5.280,48 €
1.7.2		8	7,150	224,51	440,04 €	3.520,32 €
1.8.2		4	1,610	50,55	99,08 €	396,31 €
1.9.2		4	2,020	63,43	124,32 €	497,29 €
1.10.5		4	1,670	52,44	102,78 €	411,13 €
1.11.3		4	4,750	149,15	292,33 €	1.169,34 €
1.12.2		4	3,510	116,39	228,12 €	912,50 €
1.13.2		4	0,685	21,51	42,16 €	168,64 €
1.16.18	TCAR 200x5	2	16,284	651,36	1.667,48 €	3.334,96 €
1.16.28		2	14,248	569,92	1.117,04 €	2.234,09 €
1.17.15		2	11,210	448,4	878,86 €	1.757,73 €
1.17.23		2	9,150	366	717,36 €	1.434,72 €
1.1.6	TCAR 28x4	2	0,585	1,68	4,30 €	8,60 €
1.2.6		9	1,266	1,62	3,18 €	28,58 €
1.3.1		14	1,687	2,16	4,23 €	59,27 €
1.4.5		14	1,549	1,98	3,88 €	54,33 €
1.5.6		7	1,690	2,16	4,23 €	29,64 €
1.6.1		21	1,704	2,18	4,27 €	89,73 €
1.7.6		14	1,630	2,09	4,10 €	57,35 €
1.8.1		3	1,372	1,76	3,45 €	10,35 €
1.9.3		4	1,334	1,71	3,35 €	13,41 €
1.10.2		3	1,318	1,69	3,31 €	9,94 €
1.11.2		5	1,526	1,95	3,82 €	19,11 €
1.12.1		3	1,563	2	3,92 €	11,76 €
1.2.4	TCAR 50x3.2	18	0,927	3,87	9,91 €	178,33 €
1.3.5		28	1,283	5,36	10,51 €	294,16 €
1.4.3		28	1,285	5,37	10,53 €	294,71 €
1.5.3		14	1,281	5,35	10,49 €	146,80 €
1.6.5		42	1,298	5,43	10,64 €	447,00 €
1.7.5		28	1,294	5,41	10,60 €	296,90 €
1.8.5		6	1,012	4,23	8,29 €	49,74 €
1.9.5		8	0,977	4,08	8,00 €	63,97 €
1.10.4		6	0,983	4,11	8,06 €	48,33 €
1.11.6		10	1,245	5,2	10,19 €	101,92 €
1.12.5		6	1,141	4,77	9,35 €	56,10 €
1.1.4	TCAR 70x3.2	2	1,210	8,12	20,79 €	41,57 €
1.2.5		16	1,230	7,47	14,64 €	234,26 €
1.3.6		24	1,230	7,47	14,64 €	351,39 €

Tabla 1. Presupuesto de las barras de la cinta transportadora. Continuación.

BARRAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	PESO (kg/barra)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.4.1	TCAR 70x3.2	24	1,230	7,47	14,64 €	351,39 €
1.5.4		12	1,230	7,47	14,64 €	175,69 €
1.6.4		36	7,150	7,89	15,46 €	556,72 €
1.7.4		24	1,350	8,19	16,05 €	385,26 €
1.8.4		4	1,350	8,19	16,05 €	64,21 €
1.9.6		6	1,230	7,47	14,64 €	87,85 €
1.10.1	TCAR 70x3.2	4	1,230	7,47	14,64 €	58,56 €
1.11.5		4	2,460	14,93	29,26 €	117,05 €
1.12.4		6	1,230	7,47	14,64 €	87,85 €
1.13.4		2	1,210	8,12	15,92 €	31,83 €
1.19.2	TCAR 80x3.2	5	2,637	19,78	50,64 €	253,18 €
1.21.1		2	2,445	17,98	35,24 €	70,48 €
1.22.2		2	2,432	17,82	34,93 €	69,85 €
1.23.1		6	2,637	19,78	38,77 €	232,61 €
1.25.2		8	2,637	19,78	38,77 €	310,15 €
1.26.1		4	2,637	19,78	38,77 €	155,08 €
				TOTAL	64.030,90 €	

2.2. CHAPAS

La Tabla 2 muestra el coste de todas las chapas empleadas en el diseño de la cinta transportadora. La numeración de cada una de ellas corresponde a la utilizada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 2. Presupuesto de las chapas de la cinta transportadora.

CHAPAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)	PESO (kg/ud)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.15.17	CARTELA	5	0,66x0,66x0,01	34,19	67,01 €	335,06 €
1.16.14		4	0,66x0,66x0,01	34,19	67,01 €	268,05 €
1.17.11		3	0,66x0,66x0,01	34,19	67,01 €	201,04 €
1.13.8	CHAPA	2	0,1x0,082x0,025	1	1,96 €	3,92 €
14.3	CHAPA	6	0,15x0,1x0,02	2,23	4,37 €	26,22 €
14.4	CHAPA	6	0,03x0,01x0,005	0,01	0,02 €	0,12 €
1.47	CHAPA DE TESTA 1	1	0,333x0,73x0,02	3,65	7,15 €	7,15 €
1.48	CHAPA DE TESTA 2	1	0,291x0,18x0,02	7,939	15,56 €	15,56 €
14.1	CHAPA DEL ENCAUZADOR	1	3,06x1,25x0,006	210,01	411,62 €	411,62 €
1.27.6	CHAPA FRENO	1	1,255x0,61x0,02	118,35	231,97 €	231,97 €
1.27.4	CHAPA FRONTAL 1	2	1,255x0,4x0,02	11,13	21,81 €	43,63 €
1.27.5	CHAPA FRONTAL 2	1	1,255x0,131x0,02	25,35	49,69 €	49,69 €

Tabla 2. Presupuesto de las chapas de la cinta transportadora. Continuación.

CHAPAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)	PESO (kg/ud)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.27.7	ESCUADRA	2	0,55x0,51x0,009	10,75	21,07 €	42,14 €
1.38.3	PIE DE BARANDILLA	6	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	7,76 €
1.39.3		3	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	3,88 €
1.40.3		3	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	3,88 €
1.41.3		3	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	3,88 €
1.42.3		3	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	3,88 €
1.43.3		3	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	3,88 €
1.44.3		4	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	5,17 €
1.45.3	PIE DE BARANDILLA	3	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	3,88 €
1.46.3		4	0,12x0,07x0,01	0,66	1,29 €	5,17 €
1.13.6	PLACA 121,76x121,76x15	4	0,121x0,121x0,015	1,71	3,35 €	13,41 €
1.1.7	PLACA 140 x 140 x 5	4	0,14x0,14x0,005	0,77	1,51 €	6,04 €
1.27.1	PLACA MOTOR	1	1,255x0,578x0,96	544,77	1.067,75 €	1.067,75 €
1.27.2	PLACA REDUCTOR	1	1,255x0,455x0,086	384,02	752,68 €	752,68 €
1.1.3	PLETINA 140x25	4	1,315x0,14x0,025	36,13	70,81 €	283,26 €
1.2.1		8	1,315x0,14x0,025	36,13	70,81 €	566,52 €
1.3.2		16	1,316x0,14x0,025	36,16	70,87 €	1.133,98 €
1.4.6		16	1,316x0,14x0,025	36,16	70,87 €	1.133,98 €
1.5.1		8	1,315x0,14x0,025	36,16	70,87 €	566,99 €
1.6.6		24	1,315x0,14x0,025	36,13	70,81 €	1.699,56 €
1.7.1		16	1,315x0,14x0,025	36,13	70,81 €	1.133,04 €
1.8.6		8	1,316x0,14x0,025	36,16	70,87 €	566,99 €
1.9.1		8	1,316x0,14x0,025	36,16	70,87 €	566,99 €
1.10.6		8	1,316x0,14x0,025	36,16	70,87 €	566,99 €
1.11.1		8	1,315x0,14x0,025	36,16	70,87 €	566,99 €
1.12.6		8	1,315x0,14x0,025	36,16	70,87 €	566,99 €
1.13.1		4	1,175x0,14x0,025	32,28	63,27 €	253,08 €
1.38.2.9		1	6,243x0,25x0,001	12,25	24,01 €	24,01 €
1.39.2.6		2	1,405x0,25x0,001	2,76	5,41 €	10,82 €
1.40.2.6	PLETINA DE SEGURIDAD	1	4,68x0,25x0,001	9,18	17,99 €	17,99 €
1.41.2.6		1	1,5x0,25x0,001	2,94	5,76 €	5,76 €
1.42.2.9		1	1,92x0,25x0,001	3,77	7,39 €	7,39 €
1.43.2.6		1	1,53x0,25x0,001	3	5,88 €	5,88 €
1.44.2.6		1	7,08x0,25x0,001	13,89	27,22 €	27,22 €
1.45.2.9		1	6,49x0,25x0,001	12,74	24,97 €	24,97 €
1.46.2.9		1	7,07x0,25x0,001	13,88	27,20 €	27,20 €
1.13.7	RIGIDIZADOR 145,2x38,5x8	24	0,145x0,039x0,008	1	1,96 €	47,04 €
TOTAL						13.321,06 €

2.3. TUBOS

La Tabla 3 muestra el coste de todos los tubos empleados en el diseño de la cinta transportadora. La numeración de cada una de ellas corresponde a la utilizada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 3. Presupuesto de los tubos de la cinta transportadora.

TUBOS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (mm, °)	PESO (kg/ud)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.42.2.8	CODO	1	R130 60x4 86°	0,75	1,92 €	1,92 €
1.43.2.5		2	R130 60x4 86°	0,75	1,92 €	3,84 €
1.39.2.5		2	R130 60x4 90°	0,75	1,92 €	3,84 €
1.38.2.8		2	R130 60x4 90°	0,75	1,92 €	3,84 €
1.40.2.5		2	R130 60x4 90°	0,75	1,92 €	3,84 €
1.41.2.5		2	R130 60x4 90°	0,75	1,92 €	3,84 €
1.42.2.7		1	R130 60x4 90°	0,75	1,92 €	1,92 €
1.44.2.5		12	R130 60x4 90°	0,75	1,92 €	23,04 €
1.45.2.7		2	R130 60x4 90°	0,75	1,92 €	3,84 €
1.46.2.7		1	R130 60x4 90°	0,75	1,92 €	1,92 €
1.45.2.8	CODO	2	R130 60X4 93°	0,75	1,92 €	3,84 €
1.46.2.8		1	R130 60X4 93°	0,75	1,92 €	1,92 €
1.38.2.7		4	R220 60x4 90°	0,75	1,92 €	7,68 €
14.2	TUBO 100x30x4	6	100x30x4x690	5,4	13,82 €	82,94 €
1.38.2.1	TUBO 60x4	4	60x4x1200	6,62	16,95 €	67,79 €
1.38.2.2		2	60x4x1100	6,07	15,54 €	31,08 €
1.38.2.3		2	60x4x1350	7,45	19,07 €	38,14 €
1.38.2.4		4	60x4x925	5,11	13,08 €	52,33 €
1.38.2.5		2	60x4x1200,75	6,63	16,97 €	33,95 €
1.38.2.6		2	60x4x950,75	5,25	13,44 €	26,88 €
1.39.2.1		1	60x4x1200	6,62	16,95 €	16,95 €
1.39.2.5		2	60x4x1100	6,07	15,54 €	31,08 €
1.39.2.3		2	60x4x1405	7,76	19,87 €	39,73 €
1.39.2.4		2	60x4x1305	7,2	18,43 €	36,86 €
1.40.2.1	TUBO 60x4	1	60x4x1200	6,62	16,95 €	16,95 €
1.40.2.2		2	60x4x1100	6,07	15,54 €	31,08 €
1.40.2.3		2	60x4x2340	12,92	33,08 €	66,15 €
1.40.2.4		2	60x4x2240	12,37	31,67 €	63,33 €
1.41.2.1		1	60x4x1200	6,62	16,95 €	16,95 €
1.41.2.2		2	60x4x1100	6,07	15,54 €	31,08 €
1.41.2.3		2	60x4x750	4,14	10,60 €	21,20 €
1.41.2.4		2	60x4x650	3,59	9,19 €	18,38 €
1.42.2.1		1	60x4x1200	6,62	16,95 €	16,95 €
1.42.2.2		1	60x4x1100	6,07	15,54 €	15,54 €
1.42.2.3	TUBO 60x4	1	60x4x1093,6	6,04	15,46 €	15,46 €
1.42.2.4		1	60x4x995	5,49	14,05 €	14,05 €

Tabla 3. Presupuesto de los tubos de la cinta transportadora. Continuación.

TUBOS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (mm, °)	PESO (kg/ud)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.42.2.5	TUBO 60x4	1	60x4x960,04	5,3	13,57 €	13,57 €
1.42.2.6		1	60x4x1782,76	9,84	25,19 €	25,19 €
1.43.2.1		2	60x4x1097,79	6,06	15,51 €	31,03 €
1.43.2.2		1	60x4x1200	6,62	16,95 €	16,95 €
1.43.2.3		1	60x4x1455,33	8,03	20,56 €	20,56 €
1.43.2.4		2	60x4x747,6	4,13	10,57 €	21,15 €
1.44.2.1		TUBO 60x4	12	60x4x1200	6,62	16,95 €
1.44.2.2	12		60x4x1100	6,07	15,54 €	186,47 €
1.44.2.3	6		60x4x6880	37,98	97,23 €	583,37 €
1.44.2.4	18		60x4x2360	13,03	33,36 €	600,42 €
1.45.2.1	2		60x4x1200	6,62	16,95 €	33,89 €
1.45.2.2	2		60x4x1100	6,07	15,54 €	31,08 €
1.45.2.3	2		60x4x6245,1	34,48	88,27 €	176,54 €
1.45.2.4	2		60x4x1108,32	6,12	15,67 €	31,33 €
1.45.2.5	2		60x4x3246,17	17,92	45,88 €	91,75 €
1.45.2.6	2		60x4x3220	17,74	45,41 €	90,83 €
1.46.2.1	1		60x4x1100	6,07	15,54 €	15,54 €
1.46.2.2	2		60x4x1200	6,62	16,95 €	33,89 €
1.46.2.3	1		60x4x6825,1	37,67	96,44 €	96,44 €
1.46.2.4	2		60x4x2340	12,92	33,08 €	66,15 €
1.46.2.5	1		60x4x2366,17	12,04	30,82 €	30,82 €
1.46.2.6	1		60x4x1108,32	6,12	15,67 €	15,67 €
				TOTAL		3.266,12 €

2.4. OTROS

La Tabla 4 muestra el coste de todos aquellos componentes o piezas fabricados especialmente para esta cinta. La numeración de estos elementos se corresponde con la empleada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 4. Presupuesto de los componentes fabricados para esta cinta transportadora.

OTROS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO (kg/ud)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
12.5	CAJA	1	902,32	1.768,55 €	1.768,55 €
12.2	CASQUILLO 90x40x5	2	0,42	0,82 €	1,65 €
1.29	GRAPA 1	1	30,127	59,05 €	59,05 €
1.28	GRAPA 2	1	26,98	52,88 €	52,88 €
1.33	GRAPA 3	6	87,287	171,08 €	1.026,50 €
1.34	GRAPA 4	6	78,782	154,41 €	926,48 €
1.36	GRAPA 5	2	113,497	222,45 €	444,91 €
1.37	GRAPA 6	2	107,536	210,77 €	421,54 €
12.3	JUNTA	2	20,93	41,02 €	82,05 €
TOTAL					4.783,59 €

2.5. COMERCIALES

La Tabla 5 muestra el coste de todos los elementos comerciales comprados para esta cinta. La numeración de estos elementos se corresponde con la empleada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 5. Presupuesto de los comerciales de la cinta transportadora.

COMERCIALES						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIMENSIONES (mm)	ÁREA (m2)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
5	ACOPLAMIENTO	1	-	-	152,00 €	152,00 €
11	BANDA	1	1000x10x189290	-	22,43 €	4.245,77 €
7	ESTACIÓN INFERIOR	79	-	-	25,00 €	1.975,00 €
6	ESTACIÓN SUPERIOR	82	-	-	57,00 €	4.674,00 €
10	FRENO	1	-	-	8.311,00 €	8.311,00 €
2	MOTOR - REDUCTOR	1	-	-	51.052,00 €	51.052,00 €
12.4	RODILLO	2	-	-	18,00 €	36,00 €
4	SOPORTE TAMBOR	8	-	-	26,00 €	208,00 €
3	TAMBOR CABEZA	1	-	-	536,00 €	536,00 €
9	TAMBOR COLA	1	-	-	490,00 €	490,00 €
8 / 12.1	TAMBOR DESVIADOR	3	-	-	340,00 €	1.020,00 €
-	BLOQUE DEL CONTRAPESO	21	1,3x0,2x0,15	-	5,44 €	114,20 €
1.41.1	TRAMEX	1	1620 x 860	0,1393	8,98 €	8,98 €
1.43.1		1	1620 x 860	0,1393	8,98 €	8,98 €
1.42.1		1	2030 x 860	0,1746	11,25 €	11,25 €
1.38.1		1	2596,50x2420	0,0628	4,05 €	4,05 €
1.39.1		1	2930 x 860	0,2520	16,24 €	16,24 €
1.40.1		1	4800 x 860	0,4128	26,60 €	26,60 €
1.45.1		2	6620 x 860	0,5693	36,69 €	73,37 €
1.44.1		6	7200 x 860	0,6192	39,90 €	239,41 €
1.46.1		1	7200 x 860	0,6192	39,90 €	39,90 €
				TOTAL	73.242,79 €	

2.6. TORNILLERÍA

La Tabla 6 muestra el coste de todos los elementos de la tornillería empleada en esta cinta. La numeración de estos elementos se corresponde con la empleada en los planos del Documento III. Planos.

Tabla 6. Presupuesto de la tornillería de la cinta transportadora.

TORNILLERÍA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO (kg/ud)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
1.53	DIN 125 - 12	16	0,01	0,03 €	0,53 €
1.15.18	DIN 125 - 16	120	0,01	0,61 €	72,79 €
1.16.15		96	0,01	0,61 €	58,23 €
1.17.12		72	0,01	0,61 €	43,68 €
1.50		16	0,01	0,61 €	9,71 €
19		16	0,01	0,61 €	9,71 €
1.30	DIN 125 - 24	504	0,01	0,14 €	70,31 €
15		352	0,01	0,14 €	49,10 €
5.3	DIN 125 - 30	12	0,01	0,29 €	3,46 €
1.54	DIN 933 - M12 x 45	8	0,1	0,37 €	2,94 €
1.15.19	DIN 933 - M16 x 40	60	0,1	0,70 €	41,75 €
1.16.16		48	0,1	0,70 €	33,40 €
1.17.13		36	0,1	0,70 €	25,05 €
1.51	DIN 933 - M16 x 65	8	0,1	0,90 €	7,17 €
20	DIN 933 - M16 x 80	8	0,1	0,96 €	7,71 €
16	DIN 933 - M24 x 100	164	0,1	4,06 €	666,14 €
1.31	DIN 933 - M24 x 200	12	0,1	7,00 €	84,00 €
1.35		240	0,1	7,00 €	1.680,00 €
18		12	0,1	7,00 €	84,00 €
5.4	DIN 933 - M30 x 180	6	0,1	8,00 €	48,00 €
1.55	DIN 934 - M12	8	0,04	0,05 €	0,36 €
1.15.20	DIN 934 - M16	60	0,04	0,09 €	5,39 €
1.16.17		48	0,04	0,09 €	4,32 €
1.17.14		36	0,04	0,09 €	3,24 €
1.52		8	0,04	0,09 €	0,72 €
21		8	0,04	0,09 €	0,72 €
1.32		252	0,04	0,33 €	82,76 €
17	DIN 934 - M24	176	0,04	0,33 €	57,80 €
5.5	DIN 934 - M30	6	0,04	0,71 €	4,28 €
TOTAL					3.157,26 €

2.7. CIMENTACIÓN

La Tabla 7 muestra el coste de todos los componentes que conforman la cimentación de la cinta transportadora.

Tabla 7. Presupuesto de la cimentación de la cinta transportadora.

CIMENTACIÓN						
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES (m, m2, m3)	PESO (kg/ud)	COSTE (€/UD)	COSTE TOTAL (€)
ZAPATA	HORMIGÓN	8	0,900	2251,22	75,68 €	544,90 €
	ARMADURA LONGITUDINAL Ø12	240	0,960	0,888	1,22 €	260,01 €
	ARMADURA TRANSVERSAL Ø12	240	0,960	0,888	1,22 €	260,01 €
	ESTRIBOS Ø8	64	2,000	0,888	1,22 €	69,34 €
	ESPERAS Ø6	64	1,140	0,888	1,22 €	69,34 €
	CHAPA 520x520x25	8	0,00676	53,066	104,01 €	832,07 €
	ANCLAJE J M20x640	32	0,64	1,578	1,50 €	48,00 €
	PLAQUETA 60x60x10	32	0,00004	0,2826	0,55 €	17,72 €
	CHAVETA IPE 120	8	0,100	1,04	2,04 €	16,31 €
	SEPARADOR	8	-	-	0,15 €	1,20 €
	ENCOFRADO	8	3,653	-	2,84 €	22,72 €
LOSA	HORMIGÓN	1	3,000	7504,08	75,68 €	227,04 €
	ARMADURA LONGITUDINAL Ø12	30	4,900	0,888	1,22 €	32,50 €
	ARMADURA TRANSVERSAL Ø12	30	1,900	0,888	1,22 €	32,50 €
	ESTRIBOS Ø8	1	1,080	0,888	1,22 €	1,08 €
	ESPERAS Ø6	8	0,450	0,888	1,22 €	8,67 €
	ANCLAJE J M20x640	16	0,64	1,578	1,50 €	23,99 €
	PLAQUETA 60x60x10	16	0,00004	0,2826	0,27 €	4,30 €
	SEPARADOR	15	-	-	0,15 €	2,25 €
	ENCOFRADO	1	4,200	-	72,87 €	72,87 €
TOTAL						2.546,80 €

3. PRESUPUESTO DE LA MANO DE OBRA

La Tabla 8 muestra el coste de la mano de obra correspondiente a cada tipo de operación efectuada para llevar a cabo la construcción y el montaje de la cinta transportadora.

Tabla 8. Presupuesto de la mano de obra de la cinta transportadora.

MANO DE OBRA					
ELEMENTO	MAQUINARIA / TRABAJADOR	NÚMERO	HORAS	COSTE (€/h)	COSTE TOTAL (€)
EXCAVACIÓN DEL TERRENO	RETROCARGADORA	1	20	36,52 €	730,40 €
	PEÓN DE CONSTRUCCIÓN	10	25	176,70 €	4.417,50 €
MOVIMIENTO DE TIERRAS	CAMIÓN 8 TN	2	10	61,80 €	618,00 €
MONTAJE DE LA ESTRUCTURA	EQUIPO OXICORTE	2	120	14,74 €	1.768,80 €
	EQUIPO SOLDADURA	2	120	6,40 €	768,00 €
	CESTA ELEVADORA	1	42	5,03 €	211,05 €
	GRÚA AUTOPROPULSADA	1	80	49,00 €	3.920,00 €
	OFICIAL 1ª MONTADOR	1	120	19,67 €	2.360,40 €
	AYUDANTE MONTADOR	4	120	74,52 €	8.942,40 €
MONTAJE COMPONENTES MECÁNICOS	OFICIAL 1ª MONTADOR	1	40	19,67 €	786,80 €
	AYUDANTE MONTADOR	4	40	74,52 €	2.980,80 €
ZAPATA	REGLA VIBRANTE	1	0,8	4,67 €	3,74 €
	CAMIÓN BOMBA	1	0,12	170,00 €	20,40 €
	OFICIAL 1ª FERRALLISTA	2	1,28	19,67 €	25,18 €
	AYUDANTE FERRALLISTA	2	1,92	18,63 €	35,77 €
	OFICIAL 1ª ESTRUCTURISTA	1	0,4	19,67 €	7,87 €
	AYUDANTE ESTRUCTURISTA	4	9,6	18,63 €	178,85 €
	OFICIAL 1ª ENCOFRADOR	1	2,96	19,67 €	58,22 €
	AYUDANTE ENCOFRADOR	4	11,84	18,63 €	220,58 €
LOSA	REGLA VIBRANTE	1	0,333	4,67 €	1,56 €
	CAMIÓN BOMBA	1	0,042	170,00 €	7,14 €
	OFICIAL 1ª FERRALLISTA	1	0,544	19,67 €	10,70 €
	AYUDANTE FERRALLISTA	2	1,632	18,63 €	30,40 €
	OFICIAL 1ª ESTRUCTURISTA	1	0,009	19,67 €	0,18 €
	AYUDANTE ESTRUCTURISTA	4	0,48	18,63 €	8,94 €
	OFICIAL 1ª ENCOFRADOR	1	0,45	19,67 €	8,85 €
LOSA	AYUDANTE ENCOFRADOR	4	2	18,63 €	37,26 €
TOTAL					28.159,78 €

4. PRESUPUESTO TOTAL

La Tabla 9 muestra el presupuesto total necesario para la construcción de la cinta transportadora. Tiene en cuenta el coste de los materiales, de la mano de obra, el coste de fabricación, un beneficio industrial del 12% y el IVA del 21%.

Tabla 9. Presupuesto total de la cinta transportadora.

PRESUPUESTO	
GRUPO	COSTE
MATERIALES	
BARRAS	64.030,90 €
CHAPAS	13.321,06 €
TUBOS	3.266,12 €
OTROS	4.783,59 €
COMERCIALES	73.242,75 €
TORNILLERÍA	3.157,26 €
CIMENTACIÓN	2.546,80 €
MANO DE OBRA	
EXCAVACIÓN DEL TERRENO	5.147,90 €
MOVIMIENTO DE TIERRAS	618,00 €
ESCTRUCTURA	17.970,65 €
MONTAJE MECÁNICA	3.767,60 €
ZAPATAS	550,60 €
LOSA	105,03 €
COSTES DIRECTOS (MATERIALES + M.O.)	
	192.508,31 €
COSTES INDIRECTOS DE FABRICACION (7,5% DE C.D.)	
	14.438,12 €
COSTE DEL PROYECTO (C.D. + C.I.)	
	206.946,43 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (12% DEL C.P.)	
	24.833,57 €
IVA (21% DEL C.P. + B.I.)	
	48.673,80 €
TOTAL (C.P. + B.I. + IVA)	280.453,80 €